

JP 2007522692

PUB DATE: 2007-08-09

APPLICANT: QUALCOMM Incorporated

HAS ATTACHED HERETO CORRESPONDING ENGLISH LANGUAGE EQUIVALENT:

WO 2005039105

PUB DATE: 2005-04-28

APPLICANT: QUALCOMM INC [US]; WALTON J RODNEY [US]; NANDA SANJIV [US]

HIGH SPEED MEDIA ACCESS CONTROL AND DIRECT LINK PROTOCOL

Page JP 2007522692 (A) - HIGH SPEED MEDIA ACCESS CONTROL AND DIRECT LINK
bookmark PROTOCOL

Publication date: 2007-08-09

Inventor(s):

Applicant(s): QUALCOMM Incorporated

- H04B7/005; H04J3/00; H04L12/28; H04L12/56; H04L12/66; H04L29/06;
international: H04L29/08; H04W52/38; H04W72/04; H04W72/12

Classification:

- European: H04L12/28W; H04L12/56B; H04L12/66; H04L29/06; H04L29/06E;
H04L29/08A2; H04Q7/38C2U; H04W52/38

Application number: JP20060535388T 20041015

Priority number(s): US20030511904P 20031015; US20030511750P 20031015; US20030513239P
20031021; US20030526356P 20031201; US20030526347P 20031201;
US20030532791P 20031223; US20040545963P 20040218; US20040576545P
20040602; US20040586841P 20040708; US20040600960P 20040811; US20040964314
20041013; WO2004US34259 20041015

Abstract not available for JP 2007522692 (A)

Abstract of corresponding document: WO 2005039105 (A1)

Techniques for MAC processing for efficient use of high throughput systems that may be backward compatible with various types of legacy systems are disclosed. In one aspect, a data frame is formed comprising a common portion for transmission in a format receivable by various stations, such as access points and remote stations. The data frame also comprises a dedicated portion, formatted for transmission to a specified remote station. In another aspect, the common portion is unsteered, and the dedicated portion is steered. In another aspect, an access point schedules an allocation in response to a data indication included in a common portion of a data frame transmitted from one remote station to another. In another aspect, a first station transmits a reference to a second station, which measures the reference and generates feedback therefrom.

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2007-522692

(P2007-522692A)

(43) 公表日 平成19年8月9日 (2007. 8. 9)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
H04L 12/28 (2006.01)	H04L 12/28 300Z	5K028
H04Q 7/38 (2006.01)	H04B 7/26 109M	5K033
H04L 29/06 (2006.01)	H04L 13/00 305C	5K034
H04J 3/00 (2006.01)	H04J 3/00 B	5K067

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 84 頁)

(21) 出願番号	特願2006-535388 (P2006-535388)	(71) 出願人	595020643 クualコム・インコーポレイテッド QUALCOMM INCORPORATED
(86) (22) 出願日	平成16年10月15日 (2004.10.15)		
(85) 翻訳文提出日	平成18年6月19日 (2006.6.19)		
(86) 国際出願番号	PCT/US2004/034259		
(87) 国際公開番号	W02005/039105		アメリカ合衆国、カリフォルニア州 92 121-1714、サン・ディエゴ、モア ハウス・ドライブ 5775
(87) 国際公開日	平成17年4月28日 (2005.4.28)		
(31) 優先権主張番号	60/511, 904	(74) 代理人	100058479 弁理士 鈴江 武彦
(32) 優先日	平成15年10月15日 (2003.10.15)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100091351 弁理士 河野 哲
(31) 優先権主張番号	60/511, 750		
(32) 優先日	平成15年10月15日 (2003.10.15)	(74) 代理人	100088683 弁理士 中村 誠
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	60/513, 239	(74) 代理人	100108855 弁理士 蔵田 昌俊
(32) 優先日	平成15年10月21日 (2003.10.21)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

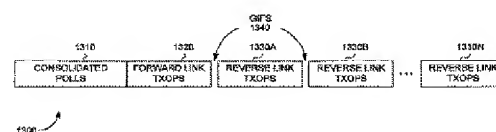
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高速媒体アクセス制御および直接のリンクプロトコル

(57) 【要約】

様々なタイプの既存システムと後方互換性がある高スループットシステムの効率的な使用のためのMAC処理用技術が示される。一態様では、データフレームは、アクセス・ポイントおよび遠隔局のような様々な局によって受信可能なフォーマットで伝送のための共通部分を含んで形成される。データフレームはさらに指定された遠隔局への伝送のためにフォーマットされた専用部分を含む。他の態様では、共通部分は偏向されなく、専用部分が偏向される。他の態様では、アクセス・ポイントは、1つの遠隔局から他の遠隔局へ送信されるデータフレームの共通部分に含まれたデータ表示に応じて割当てを予定する。他の態様では、第1の局は第2の局へ参照を送信し、第2の局は参照を測定し、そこからフィードバックを生成する。

【選択図】 図13



【特許請求の範囲】**【請求項1】**

1つ以上の第1の局によって受信可能な第1のフォーマットによる伝送のための共通部分と、
第2の局によって受信可能な第2のフォーマットによる伝送のための専用部分とを含むデータフレーム。

【請求項2】

共通部分は偏向されない参照を含む請求項1のデータフレーム。

【請求項3】

第2のフォーマットは偏向することを含む請求項1のデータフレーム。

【請求項4】

第1の局から第2の局へフレームを送信する回路を含む装置であって、フレームが
1つ以上の第3の局によって受信可能な第1のフォーマットによって送信される共通部分と、
第2の局によって受信可能なように選択された第2のフォーマットによって送信される専用部分とを含む装置。

【請求項5】

1つ以上の第1の局と、
第2の局と、
第2の局にフレームを送信するための第3の局とを含む無線通信システムであって、フレームが
1つ以上の第1の局によって受信可能な第1のフォーマットによって送信される共通部分と、
第2の局によって受信可能な第2のフォーマットによって送信される専用部分とを含む無線通信システム。

【請求項6】

第1の局から第2の局へフレームを送信する手段を含む装置であって、フレームが
1つ以上の第3の局によって受信可能な第1のフォーマットによって送信される共通部分と、
第2の局によって受信可能なように選択された第2のフォーマットによって送信される専用部分とを含む装置。

【請求項7】

第1の局から第2の局へフレームを送信することを含む方法であって、フレームが
1つ以上の第3の局によって受信可能な第1のフォーマットによって送信される共通部分と、
第2の局によって受信可能なように選択された第2のフォーマットによって送信される専用部分とを含む方法。

【請求項8】

共通部分は偏向されない参照を含む請求項7の方法。

【請求項9】

第2のフォーマットは専用部分を偏向することを含む請求項7の方法。

【請求項10】

第1の部分は将来の伝送のためのデータ表示を含む請求項7の方法。

【請求項11】

第2の局はデータ表示を受信する請求項10の方法。

【請求項12】

データ表示は割当てリクエストである請求項10の方法。

【請求項13】

1つ以上の第3の局がアクセス・ポイントを含み、アクセス・ポイントが

第2の局への伝送の第1の局の共通部分のデータ表示を受信し、
データ表示に応じて割当てを予定し、
第1の局へ割当てを送信する請求項10の方法。

【請求項14】

割当ては統合されたボールで送信される請求項13の方法。

【請求項15】

共有の媒体と通信するために操作可能であり、共有の媒体へのアクセスが第1の持続に対応する少なくとも第1の部分と、第2の持続に対応する少なくとも第2の部分に割当てられる無線通信システムであって、

第2の局へ送信するために、第1の部分中に、競合に基づいた手順を使用して第1の局を用いて媒体にアクセスする手段と、

第4の局へ送信するために、第2の部分中に、アクセス割当てに従って第3の局を用いて媒体にアクセスする手段とを含む無線通信システム。

【請求項16】

共有の媒体へのアクセスが第1の持続に対応する少なくとも第1の部分と、第2の持続に対応する少なくとも第2の部分に割当てられる、共有の媒体に通信する方法であって、

第2の局へ送信するために、第1の部分中に、競合に基づいた手順を使用して第1の局を用いて媒体にアクセスし、

第4の局へ送信するために、第2の部分中に、アクセス割当てに従って第3の局を用いて媒体にアクセスすることを含む方法。

【請求項17】

第1の局および第3の局は同じ局である請求項16の方法。

【請求項18】

第1の局および第4の局は同じ局である請求項16の方法。

【請求項19】

第2の局および第3の局は同じ局である請求項16の方法。

【請求項20】

第2の局および第4の局は同じ局である請求項16の方法。

【請求項21】

伝送機会を生み出す手段と、

少なくとも一部分のフレームが偏向を使用して送信される、遠隔局へフレームを送信する手段とを含む装置。

【請求項22】

伝送機会を生み出し、

遠隔局へフレームを送信し、少なくとも一部分のフレームが偏向を使用して送信されるステップを行なうように操作可能なコンピュータ可読媒体。

【請求項23】

アクセス・ポイントと、

第1の局と、

アクセス・ポイントからの伝送機会を生み出し、

伝送機会中に第1の局にフレームを送信し、少なくとも一部分のフレームが偏向を使用して送信される第2の局とを含む無線通信システム。

【請求項24】

第1の局と第2の局の間の直接のリンクを形成する方法であって、

伝送機会を生み出すこと、

遠隔局へフレームを送信し、少なくとも一部分のフレームが偏向を使用して送信されることを含む方法。

【請求項25】

伝送機会を生み出すことが、

予定する局から共有の媒体に割当てをリクエストすること、

割当てリクエストに応じて予定する遠隔局から割当てを受信することを含む請求項 2 4 の方法。

【請求項26】

伝送機会を生み出すことは共有の媒体にアクセスのために競合することを含む請求項 2 4 の方法。

【請求項27】

第1の局から第2の局へパイロットを送信する手段と、
第2の遠隔局でパイロットを測定し、そこからフィードバックを決定する手段と、
第2の局から第1の局へフィードバックを送信する手段と、
フィードバックに従って第1の局から第2の局へデータを送信する手段とを含む無線通信システム。

【請求項28】

第1の局から第2の局へパイロットを送信し、
第2の遠隔局でパイロットを測定し、かつそこからフィードバックを決定し、
第2の局から第1の局へフィードバックを送信し、
フィードバックに従って第1の局から第2の局へデータを送信することを含む方法。

【請求項29】

データが1つ以上のフレームを含み、各フレームが
1つ以上の第3の局によって受信可能な第1のフォーマットによって送信される共通部分と、
第2の局によって受信可能なように選択された第2のフォーマットによって送信される専用部分とを含む請求項 2 8 の方法。

【請求項30】

送信されたフィードバックと一緒にデータを送信することをさらに含む請求項 2 8 の方法。

【請求項31】

送信されたフィードバックと一緒に第2のパイロットを送信することをさらに含む請求項 2 8 の方法。

【請求項32】

第2のパイロットを測定し、そこからフィードバックを決定することをさらに含む請求項 3 1 の方法。

【請求項33】

パイロットと一緒にデータ表示を送信することをさらに含む請求項 2 8 の方法。

【請求項34】

送信されたフィードバックと一緒にデータを送信することをさらに含む請求項 2 8 の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

米国特許法第 1 1 9 条の下での優先権主張

本特許出願は以下の米国仮特許出願に対して優先権を主張する：

2 0 0 3 年 1 0 月 1 5 日出願の仮出願番号 60/511,750 “Method and Apparatus for Providing Interoperability and Backward Compatibility in Wireless Communication Systems”（無線通信システムにおける相互運用性と後方互換性を提供するための方法と機器）、

2 0 0 3 年 1 0 月 1 5 日出願の仮出願番号 60/511,904 “Method, Apparatus, and System for Medium Access Control in a High Performance Wireless LAN Environment”（高性能無線 LAN 環境における媒体アクセス制御のための方法、機器、およびシステム）、

2 0 0 3 年 1 0 月 2 1 日出願の仮出願番号 60/513,239 “Peer-to-Peer Connections in MIMO WLAN System”（MIMO WLAN システムにおけるピアツーピア接続）、

2 0 0 3 年 1 2 月 1 日出願の仮出願番号 60/526,347 “Method, Apparatus, and System for

r Sub-Network Protocol Stack for Very High Speed Wireless LAN”（超高速無線LAN用サブネットワークプロトコルスタックのための方法、機器、およびシステム）、
2003年12月1日出願の仮出願番号60/526,356 “Method, Apparatus, and System for Multiplexing Protocol data Units in a High Performance Wireless LAN Environment”（高性能無線LAN環境における多重化プロトコルデータユニットのための方法、機器、およびシステム）、
2003年12月23日出願の仮出願番号60/532,791 “Wireless Communications Medium Access Control (MAC) Enhancements”（無線通信媒体アクセス制御(MAC)の拡張）、
2004年2月18日出願の仮出願番号60/545,963 “Adaptive Coordination Function (ACF)”（適応型調整機能(ACF)）、
2004年6月2日出願の仮出願番号60/576,545 “Method and Apparatus for Robust Wireless Network”（ロバスト性のある無線ネットワークのための方法と機器）、
2004年7月8日出願の仮出願番号60/586,841 “Method and Apparatus for Distribution Communication Resources Among Multiple Users”（複数のユーザ間の分散通信資源のための方法と機器）、
2004年8月11日出願の仮出願番号60/600,960 “Method, Apparatus, and System for Wireless Communications”（無線通信のための方法、機器、およびシステム）、すべてはこの文書の譲受人に譲渡され、これによって、ここに参照として明白に組み込まれている。

【0002】

発明の分野

本発明は一般的には通信に関する。より詳細には媒体アクセス制御に関する。

【背景技術】

【0003】

無線通信システムは音声およびデータのような種々の形式の通信を提供するために広く展開されている。典型的な無線データシステムまたはネットワークは複数のユーザに対し1つ以上の共有資源へのアクセスを提供する。システムは周波数分割多重化(FDM)、時分割多重化(TDM)、符号分割多重化(CDM)その他等、種々の多元接続方法を使用するかもしれない。

【0004】

無線ネットワークの例はセルラベースのデータシステムを含む。以下はいくつかのそのような例である。(1) “TIA/EIA-95-B Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System” (TIA/EIA-95-B デュアルモード広帯域スペクトル拡散セルラシステムのための移動局-基地局互換性標準) (IS-95標準)、(2) “3rd Generation Partnership Project” (第3世代パートナーシッププロジェクト) (3GPP) という名称のコンソーシアムが提供し、ドキュメント番号3G TS 25.211、3G TS 25.212、3G TS 25.213、および3G TS 25.214を含む1組の文書に統合した標準(W-CDMA標準)、(3) “3rd Generation Partnership Project” (第3世代パートナーシッププロジェクト2) (3GPP2) という名称のコンソーシアムが提供し、“TR-45.5 Physical Layer Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems” (TR-45.5 cdma2000 スペクトル拡散システムのための物理層標準) (IS-2000標準) に統合した標準、(4) TIA/EIA/IS-856 (IS-856標準) に従う高データレート(HDR)システム。

【0005】

無線システムの他の例はIEEE 802.11標準(例えば802.11(a)、(b)、または(g))のような無線ローカルエリアネットワーク(WLAN)を含む。これらのネットワークに関する改良は、直交周波数分割多重(OFDM)変調法を含む多入力多出力(MIMO)WLANを展開する場合に達成されるかもしれない。従来の802.

11標準のいくつかの短所を改良するためにIEEE802.11(e)が導入されている。

【0006】

無線システムデザインが進化するに従い、より高いデータレートが利用可能となっている。高いデータレートは高度なアプリケーションの可能性を拓いてきた。その中には音声、ビデオ、高速データ転送、および他の種々のアプリケーションがある。しかし、種々のアプリケーションにはそれぞれのデータ転送に対して異なる要求があるかもしれない。多くの形式のデータには待ち時間とスループットの要求事項があるかもしれない。あるいは、何らかのサービス品質(QoS)保証を必要とするかもしれない。資源管理がなければ、システムの容量は減少するかもしれないし、また、システムは効率的に動作しないかもしれない。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

多数のユーザ間の共有通信資源を割当てするために、媒体アクセス制御(MAC)プロトコルが一般的に用いられる。一般的にMACプロトコルは、高位の層を、データを送受信するために用いられる物理層に接続する。データレートの向上効果を得るために、MACプロトコルは共有資源を効率的に利用するように設計されなければならない。また、一般に、代替または既存通信標準との相互運用性を維持することが望ましい。したがって、当業者には高スループットシステムの効率的利用のためのMAC処理に対する要求がある。さらに、当業者には種々の形式の既存システムと後方互換性のあるようなMAC処理に対する要求がある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

ここに示された実施例は、高スループットシステムの効率的な使用のためのMAC処理の必要を処理し、それは様々なタイプの既存システムと後方互換性がある。一態様では、データフレームは、アクセス・ポイントおよび遠隔局のような様々な局によって受信可能なフォーマットで伝送のための共通部分を含んで形成される。データフレームはさらに指定された遠隔局への伝送のためにフォーマットされた専用部分を含む。他の態様では、共通部分は偏向されなく、専用部分が偏向される。他の態様では、アクセス・ポイントは、1つの遠隔局から他の遠隔局へ送信されるデータフレームの共通部分に含まれたデータ表示に応じて割当てを予定する。

【0009】

他の態様では、第1の局は第2の局へ参照を送信し、第2の局は参照を測定し、そこからフィードバックを生成する。第2の局からフィードバックを受信すると、第1の局はフィードバックに従って第2の局へデータを送信する。様々な他の態様も示される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

無線LAN(または、新たに出現する送信技術を用いる類似の用途)のための極めて高いビットレートの物理層に関連して高効率な動作をサポートする実施例がここに開示される。WLANの例は20MHzの帯域幅で100Mbps(毎秒100万ビット)以上のビットレートをサポートする。

【0011】

種々の実施例は、例えば802.11(a-e)にあるような既存WLANシステムの分散調整動作の簡単さとロバスト性を保っている。種々の実施例の利点はそのような既存システムとの後方互換性を維持しながら達成されるかもしれない。(以下での記述で、802.11システムを既存システム例として記述することに注意する必要がある。当業者はこの改良が他のシステムおよび標準とも互換性があることを認識するだろう)。

【0012】

WLANの例はサブネットワークプロトコルスタックを含むかもしれない。サブネット

ワークプロトコルスタックは、OFDM変調、単一搬送波変調法、極めて高い帯域効率動作のための複数送信複数受信アンテナ（多入力単一出力（MISO）を含む多入力多出力（MIMO）システム）、同一時間区間に複数ユーザからまたは複数ユーザへデータを送信するための空間多重化法に関連した複数の送信ならびに受信アンテナを用いるシステム、および同時に複数ユーザに対する伝送を可能とする符号分割多重アクセス（CDMA）法を用いるシステムに基づくものを非限定的に含む、一般的に高データレート、広帯域物理層トランスポート機構をサポートするかもしれない。代替例は1入力多出力（SIMO）および1入力1出力（SISO）システムを含む。

【0013】

ここに説明した1つ以上の代表的実施例は無線データ通信システムに関連して記述される。この状況の範囲で用いるのが有利であるが、異なる環境または構成では本発明の異なる実施例が具体化されるかも知れない。一般に、ここに説明した種々のシステムは、ソフトウェア制御プロセッサ、集積回路、または個別論理回路を用いて形成されるかもしれない。本出願中で参照されるかもしれないデータ、命令、コマンド、情報、信号、シンボル、およびチップは電圧、電流、電磁波、磁場もしくは磁気粒子、光学場もしくは粒子、またはそれらの組み合わせで有利に表される。さらに、各ブロックダイアグラムで示されるブロックはハードウェアか方法のステップを表すかもしれない。本発明の範囲から逸脱することなく、方法のステップは入れ替えることができる。「代表的」という言葉は、ここでは「例、実例、または例証として役立つこと」を意味するために用いられる。ここで「代表的」と説明されたいかなる実施例も、必ずしも他の実施例より好ましいまたは有利であると解釈されるべきではない。

【0014】

図1は1つ以上のユーザ端末（UT）106A-Nに接続されたアクセスポイント（AP）104を含むシステム100の実施例である。802.11の用語に従い、本文書においてはAPとUTは端末またはSTAと呼ばれる。APおよびUTは無線ローカルエリアネットワーク（WLAN）120を介して交信する。実施例において、WLAN120は高速MIMO OFDMシステムである。しかし、WLAN120は任意の無線LANであるかもしれない。アクセスポイント104はネットワーク102を介して任意の数の外部装置またはプロセスと交信する。ネットワーク102は、インターネット、イントラネット、または任意の他の有線、無線または光ネットワークであるかもしれない。接続110はネットワークからアクセスポイント104へ物理層信号を搬送する。装置またはプロセスはネットワーク102に接続されるか、またはWLAN120上のUT（またはそれとの接続を介して）として接続されるかもしれない。ネットワーク102かWLAN120のいずれかに接続されるかもしれない装置の例は電話、携帯情報端末（PDA）、種々の形式の計算機（ラップトップ、パーソナルコンピュータ、ワークステーション、任意の形式の端末）、カメラ、カムコーダなどのビデオ装置、カムコーダ、ウェブカメラのようなビデオ装置、および事実上任意の他の形式のデータ装置を含む。プロセスは音声、ビデオ、データ通信などを含むかもしれない。種々のデータストリームは異なる送信要求を有するかもしれない。これは異なるサービス品質（QoS）技術を用いることによって、対応されるかもしれない。

【0015】

システム100は集中化したAP104で展開されるかもしれない。すべてのUT106は一実施例におけるAPと通信する。代替実施例において、二個のUT間の直接ピア-ピア通信は、当業者には明白なシステムの修正により、対応されるかもしれない。この例は後で例証される。アクセスは、以下で詳述するようにAPまたはアドホック（すなわち競合ベース）によって管理されるかもしれない。

【0016】

一実施例において、AP104はイーサネット（登録商標）適合性を提供する。この場合、APに加えてIPルータが、ネットワーク102（詳細は示さない）への接続を提供するために展開されるかもしれない。イーサネットフレームはWLANサブネットワーク（

以下に詳述する) 上でルータとUT106の間で転送されるかもしれない。イーサネットの適合性と接続性は当業者に周知である。

【0017】

代替実施例において、AP104はIP適合性を提供する。この場合、APは接続されたUT (詳細は示さない) の組のためのゲートウェイルータとして機能する。この場合、IPデータグラムはAP104によってUT106へおよびUT106から送られるかもしれない。IPの適合性と接続性は当業者に周知である。

【0018】

図2は無線通信装置の実施例を示す。この装置はアクセスポイント104またはユーザ端末106として構成されるかもしれない。アクセスポイント104の構成を図2に示す。送受信機210は、ネットワーク102の物理層の要求事項に従って、接続110を通じて受信および送信する。ネットワーク102に接続された装置またはアプリケーションからのデータまたはそれらへのデータはMACプロセッサ220に送られる。ここでは、これらのデータをフロー260と呼ぶ。フローは、異なる特性を持ち、フローに関連しているアプリケーションの形式に基づいて、異なる処理を必要とするかもしれない。例えば、ビデオまたは音声は短い待ち時間のフローとして特徴づけられるかも知れない。(ビデオは一般に、音声より高いスループット要求を持っている)。多くのデータアプリケーションは、待ち時間にはより敏感でないが、より高いデータ保全性要件を有するかもしれない(すなわち、音声はパケット損失をいくらか許容するかもしれないが、ファイル転送は一般にパケット損失を許容しない)。

【0019】

MACプロセッサ220はフロー260を受信し、それらを物理層上で送信するための処理をする。MACプロセッサ220は、また、物理層のデータを受信し、送出フロー260のためのパケットを形成するためにデータ処理をする。また、内部制御および信号はAPとUTの間で伝達される。MACプロトコルデータユニット(MAC PDU)は、物理層(PHY)プロトコルデータユニット(PPDU)またはフレーム(802.11用語による)と呼ばれるが、接続270を通じて無線LAN送受信機240へ供給、および無線LAN送受信機240から受信される。MAC PDUへのフローとコマンドからの変換方法例およびその逆の方法例は後で詳述する。代替実施例は任意の変換方法を利用するかもしれない。種々のMAC IDに対応するフィードバック280は種々の目的のために物理層(PHY)240からMACプロセッサ220へ返されるかもしれない。フィードバック280は、チャネル(ユニキャストチャネルおよびマルチキャストチャネルを含む)に対してサポートできるレート、変調フォーマットおよび他の種々のパラメータを含む任意の物理層情報を含むかもしれない。

【0020】

一実施例において、アダプテーション層(ADAP)とデータリンク制御層(DLC)はMACプロセッサ220で実行される。物理層(PHY)は無線LAN送受信機240で実行される。当業者は、種々の機能を分割することは種々の構成のいずれかでなされるかもしれないことを認識するだろう。MACプロセッサ220は物理層に対する処理の一部またはすべてを実行するかもしれない。無線LAN送受信機はMAC処理またはその下位部分を実行するためのプロセッサを含むかもしれない。多くのプロセッサ、専用ハードウェア、またはそれらの組み合わせが展開されるかもしれない。

【0021】

MACプロセッサ220は、汎用マイクロプロセッサ、ディジタル信号プロセッサ(DSP)、または専用プロセッサであるかもしれない。MACプロセッサ220は種々のタスク(詳細は示さない)を支援するために専用ハードウェアに接続されるかもしれない。種々のアプリケーションは、外部接続されたコンピュータのような外部接続されたプロセッサまたはネットワーク接続上で実行されるかもしれないし、アクセスポイント104(図示しない)内部の付加のプロセッサで実行されるかもしれないし、またはMACプロセッサ220自体で実行されるかもしれない。MACプロセッサ220はメモリ255が接

続してあるように図示されている。このメモリはここに説明した種々の手順と方法を実行するための命令およびデータを格納するために用いられるかもしれない。当業者は、メモリ255が種々の形式の1つ以上のメモリ部品を含むかもしれないこと、メモリの全体または一部がMACプロセッサ220内部に組み込まれるかもしれないことを認識するだろう。

【0022】

また、メモリ255は、ここに説明した機能を実行するための命令とデータを格納することに加えて、種々の待ち行列に関連しているデータを格納するために用いられるかもしれない。

【0023】

無線LAN送受信機240は任意の形式の送受信機であるかもしれない。一実施例において、無線LAN送受信機240は、MIMOまたはMISOに接続されて動作するかもしれないOFDM送受信機である。OFDM、MIMO、およびMISOは当業者には周知である。種々のOFDM、MIMO、およびMISO送受信機の例は同時係属中の本発明の譲受人に譲渡され、2003年8月27日に出願された出願番号10/650,295 "FREQUENCY-INDEPENDENT SPATIAL-PROCESSING FOR WIDEBAND MISO AND MIMO SYSTEMS" (広帯域MISOおよびMIMOシステムのための周波数に依存しない空間的処理) に詳述されている。代替実施例はSIMOまたはSISOシステムを含むかもしれない。

【0024】

無線LAN送受信機240はアンテナ250A-Nが接続されているように図示されている。多数のアンテナが種々の実施例でサポートされるかもしれない。アンテナ250はWLAN120で送受信するために用いられるかもしれない。

【0025】

無線LAN送受信機240は1つ以上のアンテナ250のそれぞれに接続された空間プロセッサを含むかもしれない。空間プロセッサは各アンテナに対して送信用データを独立に処理するかもしれない。またはすべてのアンテナの受信信号を連携して処理するかもしれない。独立した処理に関する例は、チャネル推定、UTからのフィードバック、チャネル反転、または当業者に周知の他の種々の方法に基づくかもしれない。処理は種々の空間処理方法のいずれかをを用いて実行される。この形式の種々の送受信機は、ビームフォーミング、ビーム偏向、固有偏向、または与えられたユーザ端末へおよびユーザ端末からのスループットを向上させるための他の空間的方法を用いるかもしれない。OFDMシンボルが伝送される一実施例において、空間的プロセッサは各OFDMサブチャネルもしくはビンの処理のための副空間プロセッサを含むかもしれない。

【0026】

一システム例において、APにはN個のアンテナがあるかもしれない。またUTにはM個のアンテナがあるかもしれない。従って、APのアンテナとUTのアンテナ間には $M \times N$ の経路がある。これらの多経路を用いてスループットを改良するための種々の空間的方法は当業者に周知である。時空間送信ダイバーシチ(STTD)システム(ここではダイバーシチともいう)においては、送信データはフォーマットされ、符号化され、データの単一ストリームとしてすべてのアンテナから送信される。M個の送信アンテナおよびN個の受信アンテナにより形成されるかもしれないMIN(M, N)個の独立したチャネルがあるかもしれない。空間的多重化は、これらの独立した経路を利用し、送信レートを向上させるために、各独立した経路上に異なるデータを送出するかもしれない。

【0027】

APとUT間のチャネル特性を学習するか、または適応するための種々の方法は公知である。一意的パイロットが各送信アンテナから送信されるかもしれない。パイロットは各受信アンテナで受信され、測定される。次にチャネル状態情報のフィードバックは送信に用いるために送信装置に戻されるかもしれない。測定されたチャネル行列の固有分解が、チャネル固有モードを決定するために実行されるかもしれない。受信機でのチャネル行列の固有分解を避けるための代替方法は、受信機での空間処理を簡単化するためのパイロッ

トとデータの固有偏向を利用することである。

【0028】

したがって、現在のチャネル状態に依存して、データレートを変えることが、システム内の種々のユーザ端末への送信のために利用可能かもしれない。特に、APと各UT間の特定のリンクは、共有されるかもしれないAPから1つ以上のUTへのマルチキャストまたは放送リンクよりも高性能であるかもしれない。この例は後で詳述される。無線LAN送受信機240は、APとUT間の物理リンク用にどの空間処理が用いられているかに基づいてサポート可能なレートを決定するかもしれない。この情報はMAC処理で用いるために接続280によりフィードバックされるかもしれない。

【0029】

UTデータの必要性およびサイズとフォームファクタによってアンテナの個数が検討されるかもしれない。例えば、高精細ビデオディスプレイは、帯域要求が高いため、例えば4個のアンテナを含み、一方PDAは2個で満足するかもしれない。アクセスポイントの一例には4個のアンテナがあるかもしれない。

【0030】

ユーザ端末106は図2に示したアクセスポイント104に類似した方法で展開されるかもしれない。フロー260をLAN送受信機（UTは有線、無線に拘わらずそのような送受信機を含むかもしれないが）に接続させるよりむしろ、フロー260は、一般に、UTもしくはそれに接続されている装置上で動作している1つ以上のアプリケーションもしくは処理から受信されるかもしくはそれらに提供される。AP104またはUT106のどちらかに接続された、より高いレベルは任意の形式のものであるかもしれない。ここに記述した層は単に例として示したものである。

【0031】

既存802.11 MAC

上述したように、ここに詳述した種々の実施例は既存システムと互換性があるように展開されるかもしれない。IEEE802.11(e)の機能セット（先行の802.11標準と後方互換性がある）は、先行する標準に導入された機能と共に、本節で要約される種々の機能を含む。これらの機能の詳述に対してはそれぞれのIEEE802.11標準を参照のこと。

【0032】

基本的な802.11 MACは衝突回避付搬送波感知多重アクセス（CSMA/CA）ベースの分散調整機能（DCF）および集中調整機能（PCF）から成る。DCFは集中管理なしで媒体のアクセスを可能とする。PCFは集中管理を提供するためにAPで展開される。DCFおよびPCFは衝突を避けるために連続した送信信号間の種々のギャップを利用する。送信信号はフレームと呼ばれ、フレーム間のギャップはフレーム間隔（IFS）と呼ばれる。フレームは、ユーザデータフレーム、制御フレームまたは管理フレームであるかもしれない。

【0033】

フレーム間隔時間は挿入されたギャップの形式に従って変化する。図3に802.11のフレーム間隔パラメータ、すなわち短フレーム間隔（SIFS）、集中フレーム間隔（PIFS）およびDCFフレーム間隔（DIFS）、を図示する。SIFS<PIFS<DIFSであることに注意すること。より短い期間に続く送信は、チャネルアクセスを試みる前により長く待たなければならない送信よりも、高い優先度を有しているだろう。

【0034】

CSMA/CAの搬送波感知（CSMA）機能に従って、一つの端末（STA）は、チャネルが少なくともDIFS期間中にアイドル状態であることを検出した後でチャネルへのアクセスを獲得するかもしれない。（用語STAはここに用いられる場合、WLANにアクセスする任意の端末のことをいい、ユーザ端末およびアクセスポイントを含むかもしれない）。衝突を回避するために、各STAはチャネルにアクセスする前にDIFSに加えてランダムに選択されたバックオフを待つ。より長いバックオフを有するSTAは、よ

り高い優先度のSTAがチャネルで送信を始める時に気付く、その結果、そのSTAとの衝突を避けるだろう。(各待機STAは、その対応するバックオフを、チャネル上に他方の送信を検出する前に待った時間だけ減少させるかもしれない。その結果、相対的な優先度を維持する)。このように、プロトコルの衝突回避(CA)機能に続き、STAは[0、CW]の間のランダムな期間をバックオフとする。ここでCWは初めにCW_{min}になるように選ばれているが、最大値CW_{max}になるまで衝突毎に2倍ずつ増加する。

【0035】

図4に物理層(PHY)送信セグメント400の例を図示する。これはDCFに従ってアクセスするためのDIFS+バックオフの使用を例示するものである。現在の送信410はこのチャネルを利用している。この例において、送信410が終了すると、より高い優先度のアクセスは発生せず、従って新しい送信420がDIFSとそれに付随するバックオフ期間の後に始まる。以下の検討において、送信420を行うSTAは、この場合競合により送信機会を獲得したと言われる。

【0036】

SIFSは、特定のSTAだけが現在の送信に応答すると予想されるフレーム系列の間、用いられる。例えば、確認応答(ACK)がデータの受信フレームに응答して送信される場合、そのACKは、受信データ+SIFSに続いて、直ちに送信されるかもしれない。他の送信信号系列もフレーム間にSIFSを用いるかもしれない。送信準備完了(CTS)フレームはSIFSの後で送信要求(RTS)フレームに続くかもしれない。次に、データがCTSの1SIFS後に送信されるかもしれない。その後、ACKがデータ後のSIFSに続くかもしれない。指摘したように、そのようなフレーム系列はすべてSIFSが挿入される。SIFS期間は以下の3項目のために用いられるかもしれない。すなわち、(a)チャネルにおけるエネルギーの検出、並びにエネルギーが消失(すなわちチャネルが空く)したかどうか決定するため、(b)前のメッセージを復号し、送信信号が正しく受信されたことをACKフレームが示すかどうかを決定する時間、および(c)STA送受信機が受信から送信へ、並びにその逆に、切り替わる時間。

【0037】

図5に物理層(PHY)の送信セグメント500の例を図示する。これはACKの前にDIFSアクセスより優先度の高いSIFSの使用を例示するものである。現在の送信510はこのチャネルを利用している。送信510が終了すると、この例では送信510後のSIFS後にACK520が続く。DIFSが終了する前にACK520が始まり、従って、送信の獲得を試みる他のSTAはそれに成功しないことに注意すること。この例において、ACK520の完了後に、より優先度の高いアクセスは発生せず、従って、DIFSと付随するバックオフ期間の後に、もしあれば新しい送信530が始まる。

【0038】

RTS/CTSフレーム系列は(フロー制御機能を提供することに加えて)、データフレーム送信に対する保護を改良するために用いられるかもしれない。RTSおよびCTSは後続のデータフレーム、ACK、および挿入されたSIFSに関する期間長情報を含む。RTSまたはCTSのどちらかを受信しているSTAは、それらのネットワーク割当ベクトル(NAV)上でその占有期間を無効とし、その期間は媒体をビジーであるとして扱う。典型的には、指定された長さより長いフレームはRTS/CTSにより保護され、一方より短いフレームは保護無しで送信される。

【0039】

PCFは、APがチャネルの集中制御を提供できるように用いられるかもしれない。APは、媒体がPIFS期間中アイドル状態であることを検出した後に媒体の制御を獲得するかもしれない。PIFSはDIFSより短く、従って、DIFSより高い優先度を持っている。APが一度チャネルへのアクセスを獲得すると、他のSTAへ無競合アクセス機会を提供でき、それによりDCFに比べて、MAC効率を高めることができる。SIFSはPIFSより高い優先度を有するため、PCFはチャネル制御を行う前にSIFS系列が完了するまで待たなければならないことに注意のこと。

【0040】

一度APがPIFSを用いて媒体へのアクセスを獲得すると、APは関連STAへのポーリングされたアクセスを提供できる無競合期間(CFP)を確立できる。無競合ポーリング信号(CF-POLL)、または単にポーリング信号は、APによって送信され、ポーリングされたSTAからAPへの送信がそれに続く。ポーリングされたSTAはDIFSまたはバックオフを待つ必要はないが、STAはCF-POLLに続くSIFS期間、待機しなければならない。802.11(e)はポーリングに対する拡張を含む種々の拡張を導入した。その例は以下に図9を参照してさらに詳述される。

【0041】

APによって送信されたビーコンはCFPの期間長を確立する。これは競合アクセスを防ぐためにRTSまたはCTSを用いることと同様である。しかし、隠れ端末問題はビーコンを受信することができないがその送信がAPによってスケジューリングされた送信を妨害するかもしれない端末から発生する可能性がある。CFP中に送信を始める各端末による自己へのCTSを用いることにより、さらなる保護が可能となる。

【0042】

ACKおよびCF-POLLは1個のフレーム内に含まれることが許されており、また、MAC効率を高めるためにデータフレームと共に含まれているかもしれない。SIFS<PIFS<DIFSの関係が決定論的な優先度手順をチャネルアクセスに提供することに注意のこと。DCFにおけるSTA間の競合アクセスはバックオフメカニズムに基づき確率的である。

【0043】

また、初期の802.11標準は大きいパケットを小さいフラグメントに分割することを規定した。そのような分割の1つの利点は、セグメント内の誤りによる再送信の必要性が、大きいパケット内の誤りによるものに比べると小さいということである。これらの標準による分割の1つの欠点は、確認応答送信に関し、各セグメントに対するACK送信をする必要があり、その付加的ACK送信およびフラグメント送信に対応する付加的SIFSを共に送信する必要があることである。これを図6に例示する。物理層(PHY)送信セグメント600の例によりNセグメントの送信およびそれぞれの確認応答を例示する。現在送信信号610が送信されている。送信信号610の終わりで、第1のSTAは、チャネルへのアクセスを獲得するためにDIFS620とバックオフ630を待つ。第1のSTAはN個のフラグメント640A-640Nを第2のSTAに送信する。フラグメントの後ろに、SIFS650A-650NのN個の遅延を発生させなければならない。第2のSTAは、N個のACKフレーム660A-660Nを送信する。第1のSTAは各フラグメント間でSIFSを待たなければならないため、結局N-1個のSIFS670A-670N-1がある。したがって、1パケット、1ACK、および1SIFSを送信するのとは対照的に、分割されたパケットはN個のACKならびに2N-1個のSIFSの時間およびパケット送信と同じ時間を必要とする。

【0044】

802.11(e)標準は、先行する802.11(a)、(b)、および(g)によるMACを改良するための拡張を加えている。802.11(g)および(a)は、いずれもOFDMシステムであり、同様なものであるが、異なる帯域で動作する。802.11(b)のような低速MACプロトコルの種々の機能は、後に詳述する非効率さを導入しながらも、より高いビットレートのシステムに進展した。

【0045】

802.11(e)において、DCFは拡張され、拡張分散チャネルアクセス(EDCA)と呼ばれる。EDCAの最重要サービス品質(QoS)の拡張は調停フレーム間間隔(AIFS)の導入である。AIFS[i]は指標iで識別されるトラヒッククラス(TC)に関連している。APは他のSTAが使用できるAIFS[i]値と異なるAIFS[i]値を用いるかもしれない。APのみがPIFSと等しいAIFS[i]値を用いるかもしれない。それ以外はAIFS[i]はDIFS以上である。デフォルトで、「音声

」と「ビデオ」トラヒッククラスに対するAIFSはDIFSと等しくなるように選択される。低優先度を意味するより長いAIFSはトラヒッククラス「ベストエフォート」および「バックグラウンド」用に選択される。

【0046】

また、競合ウィンドウのサイズはTCの関数とされる。最高優先度のクラスはCW=1、すなわちバックオフ無し、の設定が許可されている。他のTCに対し、種々の競合ウィンドウサイズは確率的な相対的優先度を与えるが、遅延保証を得るために用いることはできない。

【0047】

802.11(e)は送信機会(TXOP)を導入した。MAC効率を高めるために、STAが、EDCAにより、またはHCCAでのポーリングされたアクセスにより媒体を取得した場合、STAは単一フレームより多く送信することが許可されるかもしれない。1つ以上のフレームをTXOPと呼ぶ。媒体上のTXOPの最大長はトラヒッククラスに依存し、APによって確立される。また、ポーリングされたTXOPの場合には、APはTXOPの許可された期間長を示す。TXOPの間、STAはSIFSおよび受信先からのACKとを挿入した一連のフレームを送信することができる。各フレームに対するDIFS+バックオフを待つ必要性を除去することに加え、TXOPを獲得したSTAは、確実に後続の送信のためのチャンネルを保持することができる。

【0048】

TXOPの間、受信先からのACKはフレーム毎であるかもしれない(前の802.11MACと同様に)、または、後で検討するように直後のもしくは遅延したブロックACKを用いるかもしれない。また、特定のトラヒックフロー、例えば放送またはマルチキャスト、に対してACKポリシーは許可されていない。

【0049】

物理層(PHY)送信セグメント700の例を図7に示す。1フレーム毎に確認応答があるTXOPを例示する。現在の送信信号710が送信されている。送信710に続き、また、もしあればDIFS720およびバックオフ730を待った後に、STAはTXOP790を獲得する。TXOP790はN個のフレーム740A-740Nを含み、各フレームにはN個のそれぞれのSIFS750A-750Nが後続する。受信STAはN個のそれぞれのACK760A-760Nに応答する。ACK760にはN-1個のSIFS770A-770N-1が後続する。各フレーム740はプリアンプル770およびヘッダ並びにパケット780を含むことに注意のこと。後で詳述する実施例により、プリアンプル用に確保された送信時間の長さを大幅に減少することができる。

【0050】

図8にブロック確認応答のあるTXOP810を例示する。TXOP810は競合またはポーリングによって獲得されるかもしれない。TXOP810はN個のフレーム820A-820Nを含み、各フレームにはN個のそれぞれのSIFS830A-830Nが後続する。フレーム820およびSIFS830の送信に続き、ブロックACK要求840が送信される。受信STAはブロックACK要求に後で一度に応答する。ブロックACKはフレームのブロックの送信完了直後であるかもしれない。または受信機のソフトウェアによる処理を可能にするために遅延されるかもしれない。

【0051】

後で詳述する実施例により、フレーム間の送信時間(この例ではSIFS)の長さを大幅に減少することができる。いくつかの実施例において、連続した送信(すなわちフレーム)間で遅延する必要はない。

【0052】

802.11(a)および他の標準において、ある送信フォーマットに対し、各フレームの最後に付加的遅延を加える信号拡張が定義されることに注意のこと。SIFSの定義に技術的に含まれていないが、後で詳述する種々の実施例により、信号拡張を取り除くこともできる。

【0053】

ブロックACK機能により効率が改善される。一例において、1024個のフレームに対応する最大64個のMACサービスデータユニット(SDU)(各々はおそらく16個のフラグメントに分割されている)がSTAによって送信されるかもしれない。一方受信先STAは、フレームのブロックの最後に1024個のフレームの各々のACK状態を示すただ一つの応答を提供することが可能である。通常、高いレートではMAC SDUは分割されないだろう、また、低待ち時間のために、受信先からのブロックACKを要求する前に、64個より少ないMAC SDUが送信されるかもしれない。このような場合、Mフレームを送信するための合計時間はMフレーム+M SIFS+M ACK+M-1 SIFSからMフレーム+M SIFS+ブロックACKに減少する。以下に詳述する実施例はブロックACK効率に関してさらに改良する。

【0054】

802.11(e)が導入した直接リンクプロトコル(DLP)により、STAは基本サービスセット(BSS)(同じAPで制御される)内でフレームを直接別の受信先STAに転送できる。APはポーリングされたTXOPをSTA間のフレーム直接転送に利用できるようにするかもしれない。この機能の導入の前は、ポーリングされたアクセスの期間中、ポーリングされたSTAからのフレームの受信先は常にAPであり、そのAPは順番にフレームを受信先STAに転送しただろう。2ホップのフレーム転送を除去することによって、媒体効率は改良される。さらに先で詳述する実施例はDLP転送の効率をかなり上昇させる。

【0055】

802.11(e)はハイブリッド調整機能(HCF)と呼ばれる拡張したPCFも導入する。HCF制御チャネルアクセス(HCCA)において、APは制御アクセスフェーズ(CAP)を確立するためにいつでもチャネルへアクセスできる。CAPはCFPに類似しており、ビーコン直後だけでなく競合フェーズの間にいつでも送信機会を提供するために用いられる。APはバックオフなしのPIFSの間待つことによって、媒体にアクセスする。

【0056】

図9に物理層(PHY)送信セグメント900の例を図示する。HCCAを用いてポーリングしたTXOPを例示する。この例において、APはポーリング信号を競合する。現在、送信信号910が送信されている。送信信号910に続き、APはPIFSの間待ち、次にSTA宛のポーリング信号920を送信する。チャネルを競合している他のSTAは少なくともDIFSを待たなければならなかったことに注意のこと。DIFSは示したように送信されたポーリング信号920のため現れない。ポーリングされたSTAはポーリング信号920およびSIFS930に続いてポーリングされたTXOP940を送信する。APは各ポーリングされたTXOP940およびポーリング信号920の間のSIFSを待ってポーリングを続けるかもしれない。代替シナリオにおいて、APは送信信号910からPIFSを待つことによりCAPを確立するかもしれない。APはCAPの間、1つ以上のポーリング信号を送信するかもしれない。

【0057】

MACの改良

上述したように、先行のMACの種々の非効率的機能は後続版に提示された。例えば、64Mbpsに対して11Mbps用に設計された非常に長いプリアンブルは非効率を招く。レートの上昇に従ってMACプロトコルデータユニット(MPDU)は縮小し続けるため、種々のフレーム間隔および/またはプリアンブルを一定に保つことは関連するチャネル利用の減少を意味する。例えば、高データレートのMIMO MPDU送信信号は72μsecのプリアンブルがある802.11(g)に比べ、わずか数マイクロ秒の長さかもしれない。SIFS、信号拡張および/またはプリアンブルのような遅延を除去または減少させると、スループットおよびチャネル利用度が向上するだろう。

【0058】

図10は無ギャップの複数の連続した送信を含むTXOP1010の実施例である。TXOP1010は連続してギャップ無しに送信されるN個のフレーム1020A-1020Nを含む（これを図8に示したTXOP810で要求されるSIFSと比較のこと）。TXOP内のフレーム数は受信機のバッファおよび復号能力によってのみ制限される。STAがTXOP1010のブロックACKと共に連続したフレームを送信している場合、SIFS期間を挿入する必要はない。他のSTAは連続したフレームの間で媒体へのアクセスを獲得する必要がないからである。選択的なブロックACK要求1030がN個のフレームに付加される。ある種のトラヒックは確認応答を必要としないかもしれない。ブロックACK要求はTXOPに続いて直ちに応答されるか、または後で送信されるかもしれない。フレーム1020は信号拡張を必要としない。TXOP1010は、ここに詳述されるTXOPが必要な実施例のいずれかで展開されるかもしれない。

【0059】

図10に示すように、TXOPにおける連続したフレームとフレームの間のSIFSの送信は、全フレームが同一のSTAで送信される場合、除去されるかもしれない。802.11(e)において、そのようなギャップは受信機での複雑さに対する要求を限られたものにするために存続された。802.11(e)標準において、 $10\mu\text{sec}$ のSIFS期間および $6\mu\text{sec}$ のOFDM信号拡張は、受信機に対して受信フレームの処理（復調および復号を含む）のために合計 $16\mu\text{sec}$ を提供する。しかし、PHYレートが大きい場合、この $16\mu\text{sec}$ は著しく非効率である。MIMO処理を導入しているいくつかの実施例においては、 $16\mu\text{sec}$ であっても処理を完了するには不十分であるかもしれない。代わりに、この実施例において、1STAからAPまたは（直接リンクプロトコルを用いて）他のSTAへの連続した送信の間のSIFSおよびOFDM信号拡張は除去される。したがって、送信完了後に、MIMO受信機の処理およびチャネル復号（例えば、ターボ／畳み込み／LDPC復号）のために、付加的期間を必要とする受信機は、媒体がその付加的送信のために使われている間、これらの機能を実行するかもしれない。上述したように、確認応答は後で（例えばブロックACKを用いて）送信されるかもしれない。

【0060】

STA間の異なる伝搬遅延のため、STAの異なるペア間の送信はガード期間により分離されるかもしれない。これにより、異なるSTA（図10中では示さないが、後に詳述する）からの媒体上で連続した送信の間の受信側における衝突を避ける。実施例において、1OFDMシンボルのガード期間（ $4\mu\text{sec}$ ）は802.11のすべての動作環境に対して十分である。同一のSTAから異なる受信先STAへの送信は（図10に示すように）ガード期間で分離される必要はない。さらに先に詳述するこれらのガード期間はガードバンドフレーム間隔（GIFS）と呼ばれるかもしれない。

【0061】

SIFSおよび／または信号拡張を用いる代わりに、所要受信機処理時間（例えばMIMO処理および復号用）は、ウィンドウベースのARQ（例えばGBN型またはSR型）を用いることにより提供されるかもしれない。これらの方法は当業者に周知である。既存802.11のSAW型MAC層ACKは、802.11(e)において、最大1024個のフレームとブロックACKを備えたウィンドウ様メカニズムへと拡張されている。標準的ウィンドウベースARQメカニズムを導入する方が、802.11(e)で設計されたアドホックブロックACK法より好ましいかもしれない。

【0062】

最大許容ウィンドウは受信機の処理の複雑さおよびバッファリングで決定されるかもしれない。送信機は受信機ウィンドウを満たすに十分なデータを送信機-受信機ペアの間で得られるピークPHYレートで送信することが許されているかもしれない。例えば、受信機の処理はPHYレートを追従できないかもしれないため、受信機はそれらを復号することができるまで軟復調出力を格納する必要があるかもしれない。したがって、ピークPHYレートでの物理層処理のためのバッファリング要求は最大許容ウィンドウを決定するた

めに用いられるかもしれない。

【0063】

一実施例において、受信機は、その物理層バッファをオーバーフローすることなく所与のPHYレートで処理できる最大許容PHYブロックサイズを、通知するかもしれない。代替的には、受信機は、その物理層バッファをオーバーフローすることなく最大PHYレートで処理できる最大許容PHYブロックサイズを、通知するかもしれない。より低いPHYレートでは、より長いブロックサイズがバッファオーバーフロー無しに処理されるかもしれない。周知の公式が送信機によって用いられ、所与のPHYレートに対する最大許容PHYブロックサイズを、通知された最大PHYレートにおける最大許容PHYブロックサイズから計算するかもしれない。

【0064】

通知された最大PHYブロックサイズが静的なパラメータの場合、物理層バッファが処理され、また受信機が次のPHYに対する準備ができる以前の時間の総計は、送信機およびスケジューラも知っているかもしれないもう1つの受信機パラメータである。代替的に、通知された最大PHYブロックサイズは物理層バッファの使用度に従って動的に変化するかもしれない。

【0065】

受信機の処理遅延はARQに対する往復遅延を決定するために用いられるかもしれない。往復遅延は、アプリケーションが観測する遅延を決定するために順番に用いられるかもしれない。したがって、低待ち時間サービスを可能にするために、許容PHYブロックサイズは制限されるかもしれない。

【0066】

図11に所要プリアンプル送信量の減少を例示するTXOP1110の一実施例を図示する。TXOP1110はN個の連続した送信1130A-1130Nおよびその前のプリアンプル1120を含む。選択的にブロックACK要求1140が付加されるかもしれない。この例において、送信信号1130はヘッダおよびパケットを含む。TXOP1110を図7のTXOP790と対照のこと。図7では、各フレーム740はヘッダおよびパケットに加えてプリアンプルを含む。1つのプリアンプルを送ることにより、同じ量の送信データに必要なプリアンプル送信はN個のプリアンプルではなく1個のプリアンプルとなる。

【0067】

したがって、プリアンプル1120は連続した送信信号から除去されるかもしれない。最初のプリアンプル1120は、信号の捕捉およびOFDMの精細な周波数捕捉のために、受信機によって用いられるかもしれない。MIMO送信に対し、受信機が空間チャネルを推定できるようにするために、最初のプリアンプル1120は現在のOFDMのプリアンプルに比べて拡張されるかもしれない。しかし、同じTXOP内の後続するフレームは追加のプリアンプルを必要としないかもしれない。OFDMシンボル内のパイロットトーンは一般に信号追跡には十分である。代替実施例において、(プリアンプルのような)付加的シンボルがTXOP1110の間に周期的に挿入されるかもしれない。しかし、全体のプリアンプルオーバーヘッドは顕著に減少するかもしれない。プリアンプルは必要に応じてのみ送信されるかもしれないし、またそれとは異なり、前に送信されたプリアンプルからの経過時間に基づいて送信されるかもしれない。

【0068】

TXOP1110が、既存システムの機能を取り入れるかもしれないことに注意のこと。例えば、ブロックACKは選択的である。より頻繁なACKがサポートされるかもしれない。そうであっても、GIFSのようなより短いギャップを、より長いSIFS(もし使われていれば信号拡張を加える)の代わりに挿入されるかもしれない。上述のように、連続した送信1130はより大きいパケットのセグメントを含むかもしれない。同じ受信STAへの連続した送信1130に対するヘッダは圧縮されるかもしれないことにさらに注意のこと。圧縮されたヘッダの例はさらに先で詳述する。

【0069】

図12に上述した種々の態様を組み込むための方法1200の一実施例を図示する。これはプリアンプの統合、SIFSのようなギャップの除去および適宜GIFを挿入することを含んでいる。処理はブロック1210で始まる。このブロックで、STAはここに詳述した方法のいずれかをを用いてTXOPを獲得する。ブロック1220において、プリアンプが必要に応じて送信される。そのプリアンプは既存プリアンプより長い、または短いかもしれないし、また、種々のパラメータによって、異なるかもしれない。このパラメータとは、例えば、必要に応じて受信STAがMIMOの空間チャネルを推定できる最後に送信されたプリアンプからの経過時間である。ブロック1230において、STAは1つ以上のパケット（または、より一般的には任意の連続した送信）を受信先に送信する。追加プリアンプは送信される必要がないことに注意のこと。代替実施例において、1つ以上の追加プリアンプが選択的に送信されるかもしれない。または、プリアンプのようなシンボルが必要に応じて挿入されるかもしれない。ブロック1240において、STAは選択的に追加受信STAへ送信するかもしれない。この場合、GIFSは必要に応じて挿入され、1つ以上の連続した送信信号は追加受信STAに送信されるかもしれない。次に、処理は終了するかもしれない。種々の実施例において、STAは、所要レベルの性能のために、必要に応じてGIFSおよび／またはプリアンプを挿入して、2個より多いSTAに送信し続けるかもしれない。

【0070】

したがって、上述したように、MACの効率は、STAから複数の受信先STAへの送信を連続した送信に統合し、その結果、ガード期間の多くまたはすべてを除去し、プリアンプオーバーヘッドを減少させることにより、さらに改善されるかもしれない。1つのプリアンプ（または、パイロット送信）が、同じSTAから異なる受信先STAへの複数の連続した送信のために用いられるかもしれない。

【0071】

ボーリング信号の統合によりさらに効率が上がるかもしれない。一実施例において、いくつかのボーリング信号が制御チャネルに統合されるかもしれない。その例は以下に詳述される。一例において、APはTXOPを割当てするボーリングメッセージを含む信号を複数の受信先STAに送信するかもしれない。対照的に、802.11(e)においては、APからのCF-PollにSIFSが続き次いで各TXOPが続く。そのようないくつかのCF-Pollメッセージが、いくつかのTXOPを割当てするために用いる単一の制御チャネルメッセージ（以下で詳述する実施例においてSCHEDメッセージと呼ばれる）に統合されると、効率は改善される。一般的な実施例において、統合ボーリング信号およびそのそれぞれのTXOPに対して、いずれかの期間が割当てられるかもしれない。実施例を図15を参照して以下に詳述する。また、さらなる例もここに含まれる。

【0072】

さらに効率を改善するために、制御チャネル（すなわちSCHED）メッセージは階層レート構成で符号化されるかもしれない。それにより、APとSTA間のチャネル品質に従って、任意のSTAへのボーリングメッセージが符号化されるかもしれない。ボーリングメッセージの送信順序は割当てられたTXOPの順序である必要はないが、符号化のロバスト性に従う順序であるかもしれない。

【0073】

図13に物理層（PHY）の送信セグメント1300の例を図示する。統合されたボーリング信号およびそのそれぞれのTXOPを例示する。統合されたボーリング信号1310が送信される。ボーリング信号は、その例をここに詳述する制御チャネル構造を用いて送信されるかもしれない。または当業者には直ちに明白である無数の代替方法を用いて送信されるかもしれない。この例において、ボーリング信号と順方向リンクのTXOP間のフレーム間隔の必要性を除去するために、順方向リンクTXOP1320は統合ボーリング信号1310の後に直接送信される。順方向リンクTXOP1320に続いて、種々の逆方向リンクTXOP1330A-1330Nが、GIFS1340が適宜挿入されてい

る状態で、送信される。1 STAから連続した送信を行う場合、GIFSを含む必要はないことに注意のこと。(APから種々のSTAへ発する順方向リンク送信にはGIFS要求がないのと同様)。この例において、逆方向リンクTXOPはSTAからSTA(すなわちピアツーピア)TXOP(例えば、DLPを用いた)を含む。図示した送信順序は単に例示のためであることに注意のこと。順方向および逆方向リンクTXOP(ピアツーピア送信を含む)は入れ替えられるかもしれないし、または分散されるかもしれない。いくつかの構成では他の構成と同程度の数のギャップ除去を結果としてもたらさないかもしれない。当業者はここに教示した点に照らして容易に無数の代替実施例を適合させるだろう。

【0074】

図14にポーリング信号を統合するための方法1400の一実施例について図示する。処理はブロック1410で始まる。そこでは、チャネル資源が1つ以上のTXOPに割当てられる。任意のスケジューリング機能が、TXOPの割当て決定をするために展開されるかもしれない。ブロック1420において、その割当てに従ってTXOPを割当てするためのポーリング信号が統合される。ブロック1430において、統合ポーリング信号は1つ以上の制御チャネル(すなわち、以下で詳述する実施例における、SCHEDメッセージのCTRLJセグメント)上で1つ以上のSTAに送信される。代替実施例において、任意のメッセージング方法が、統合ポーリング信号を送信するために展開されるかもしれない。ブロック1440において、STAはTXOPを、統合ポーリング信号内のポーリングされた割当てに従って、送信する。次に、処理が終了するかもしれない。この方法は、システムビーコン区間のすべてまたは一部を含むかもしれない任意の長さの統合ポーリング信号区間に連携して展開されるかもしれない。統合ポーリング信号は、上述したように競合ベースのアクセス、または既存ポーリングと共に間欠的に用いられるかもしれない。一実施例において、方法1400は周期的に、またはシステムローディングやデータ伝送要求のような他のパラメータに従って繰り返されるかもしれない。

【0075】

種々の態様を示すMACプロトコルの一実施例を図15および図16を参照して詳述する。このMACプロトコルは、これと共に同時に出願され、本発明の譲受人に譲渡された、同時係属中の米国特許出願XX/XXX,XXX、XX/XXX,XXXおよびXX/XXX,XXX(代理人事件番号030428、030433、030436)“WIRELESS LAN PROTOCOL STACK”(無線LANプロトコルスタック)にさらに詳述される。

【0076】

図15にTDD MACフレーム区間1500の例を示す。この場面における用語TDD MACフレーム区間の使用は以下に詳述する種々の送信セグメントが定義される期間を参照する。TDD MACフレーム区間1500は、802.11システムにおける送信を説明するための用語フレームの一般的な使用と区別される。802.11の用語では、TDD MACフレーム区間1500はビーコン区間またはビーコン区間の一部に類似しているかもしれない。図15および図16に関して詳述されるパラメータは単に例示のためである。通常の当業者は説明した要素のいくつかまたはすべてを用いて、また種々のパラメータ値を用いて、容易に本例を無数の代替実施例に適合させるだろう。MAC機能1500は以下のトランスポートチャネルセグメントの中に割当てられる：すなわち、放送、制御、順方向および逆方向トラヒック(それぞれ下りリンクフェーズおよび上りリンクフェーズと呼ばれる)、およびランダムアクセスである。

【0077】

一実施例において、TDD MACフレーム区間1500は図示するように5つのトランスポートチャネルセグメント1510-1550に分割された2msの時分割二重通信(TDD)である。別の順序および異なるフレームサイズは別の実施例で展開されるかもしれない。TDD MACフレーム区間1500の割当て時間はある短い共通時間区間で量子化されるかもしれない。

【0078】

TDD MACフレーム区間の5個のトランスポートチャネルの例は以下を含む。すなわち、(a) 放送チャネル(BCH) 1510。これは、放送制御チャネル(BCCH)を搬送する。(b) 制御チャネル(CCH) 1520。これは、順方向リンク上でフレーム制御チャネル(FCCH)およびランダムアクセスフィードバックチャネル(RFCH)を搬送する。(c) トラヒックチャネル(TCH)。これは、ユーザデータと制御情報を搬送し、さらに(i) 順方向リンク上の順方向トラヒックチャネル(F-TCH) 1530および(ii) 逆方向リンク上の逆方向トラヒックチャネル(R-TCH) 1540に細分される。(d) ランダムアクセスチャネル(RCH) 1550。これは、(UTアクセス要求のための)アクセス要求チャネル(ARCH)を搬送する。パイロットビコンもセグメント1510で送信される。

【0079】

フレーム1500の下りリンクフェーズはセグメント1510-1530を含む。上りリンクフェーズはセグメント1540-1550を含む。セグメント1560は後続のTDD MACフレーム区間の開始を示す。ピアツーピア送信を包含する代替実施例はさらに先で例証する。

【0080】

放送チャネル(BCH)とビコン1510はAPによって送信される。BCH1510の最初の一部は、タイミングおよび周波数捕捉パイロットを含むパイロット信号のような共通物理層オーバーヘッドを含む。一実施例において、ビコンはUTが周波数およびタイミング捕捉に用いる2つの短いOFDMシンボルから成る。UTがチャネル推定をするために用いる共通MIMOパイロットの8個の短いOFDMシンボルがそれに続く。

【0081】

BCH1510の2番目の部分はデータ部分である。BCHのデータ部分はトランスポートチャネルセグメント、CCH1520、F-TCH1530、R-TCH1540、およびRCH1550に関してTDD MACフレーム区間の割当を定める。また、サブチャネルに関してCCHの構成を定める。この例において、BCH1510は無線LAN 120のカバレッジを定め、したがって、利用可能な最もロバスト性のあるデータ送信モードで送信される。全体のBCHの長さは固定されている。一実施例において、BCHはMIMO-WLANのカバレッジを定め、時空間送信ダイバーシチ(STTD)モードで符号化率1/4の二値移相変調(BPSK)を用いて送信される。この例において、BCHの長さは10個の短いOFDMシンボルに固定されている。他の種々の信号方法は代替実施例で展開されるかもしれない。

【0082】

APによって送信された制御チャネル(CCH) 1520はTDD MACフレーム区間の残りの部分の構成を定め、統合ポーリング信号の使用を示す。CCH1520はロバスト性の高い送信モードを用いて複数のサブチャネルで送信される。各サブチャネルは異なるデータレートである。第1のサブチャネルは最もロバスト性があり、すべてのUTで復号可能であると予想される。実施例において、符号化率1/4のBPSKが第1のCCHサブチャネルに用いられる。また、ロバスト性が減少している(効率は増加している)他のいくつかのサブチャネルも利用可能である。実施例において、最大3個の追加サブチャネルが用いられている。各UTは復号に失敗するまで順番にすべてのサブチャネルの復号を試みる。各フレームのCCHトランスポートチャネルセグメントは可変長であり、長さは各サブチャネルのCCHメッセージの数に依存している。逆方向リンクランダムアクセスバーストに対する確認応答はCCHの最もロバスト性のある(第1の)サブチャネルで搬送される。

【0083】

CCHは順方向および逆方向リンクにおける物理層のバーストの割当を含む(TXOPに対する統合ポーリング信号に類似している)。この割当は順方向および逆方向リンク上でのデータ転送のためであるかもしれない。一般に、物理層バースト割当は、(a) MAC ID、(b) フレーム内の配置(F-TCHかR-TCH内)の開始時間を示す値、

(c) 配置の長さ、(d) 専用物理層のオーバーヘッドの長さ、(e) 送信モード、および(f) 物理層バーストに用いられる符号化および変調方式、を含む。

【0084】

CCH上の他の割当形式の例は、UTからの専用パイロット送信のための逆方向リンク上の割当、またはUTからのバッファおよびリンク状態情報送信のための逆方向リンク上の割当、を含む。CCHは未使用で残されることになるフレームの一部を定めるかもしれない。フレームのこれらの未使用部分はノイズフロア（および干渉）推定および近隣システムのビーコン測定をするためにUTによって用いられるかもしれない。

【0085】

ランダムアクセスチャネル（RCH）1550は、UTがランダムアクセスバーストを送信するかもしれない逆方向リンクチャネルである。RCHの可変長はBCHの各フレームに対して特定される。

【0086】

順方向トラヒックチャネル（F-TCH）1530はAP104から送信された1つ以上の物理層バーストを含む。各バーストはCCH割当てで指示されるように特定のMAC IDに送信される。各バーストは、（もしあれば）パイロット信号と、CCH割当内に示された送信モード、符号化、並びに変調方式に従って送信されたMAC PDUのような専用物理層オーバーヘッドとを含む。F-TCHは可変長である。一実施例において、専用物理層オーバーヘッドは専用MIMOパイロットを含むかもしれない。図16を参照してMAC PDUの例を詳述する。

【0087】

逆方向トラヒックチャネル（R-TCH）1540は1つ以上のUT106からの物理層バースト送信を含む。各バーストはCCH割当てで指示されるように特定のUTによって送信される。各バーストは、（もしあれば）専用パイロットプリアンプルおよび送信モード並びにCCH割当てで指示された符号化方式と変調方式とに従って送信されたMAC PDUを含むかもしれない。R-TCHは可変長である。

【0088】

一実施例において、F-TCH1530、R-TCH1540、または両方は、空間的多重化または符号分割多重接続方法を用いて、異なるUTに関連しているMAC PDUの同時送信を可能とするかもしれない。MAC PDUが関連しているMAC ID（すなわち上りリンク上の送信端末、または下りリンク上の予定受信端末）を含むフィールドはMAC PDUヘッダに含まれるかもしれない。これは、空間多重化またはCDMAが用いられている場合に起こるかもしれないアドレス指定のあいまいさを解決するために用いられるかもしれない。代替実施例において、多重化が厳密に時分割法に基づいている場合、MAC IDはMAC PDUヘッダに必要ではない。アドレス指定情報が、TDD MACフレーム区間に与えられた期間を特定のMAC IDに割当てるCCHメッセージ内に含まれているからである。空間多重化、符号分割多重化、時分割多重化、および当業者に周知の他の方法の任意の組み合わせが展開されるかもしれない。

【0089】

図16にパケット1610からMAC PDU1660の例についての形成を図示する。この例では、パケット1610はIPデータグラムまたはイーサネットセグメントであるかもしれない。フィールドのサイズと形式の例をこの例示により説明する。当業者は他の種々のサイズ、形式、および構成が本発明の範囲内で考えられることを認識するだろう。

【0090】

図示したように、データパケット1610はアダプテーション層でセグメントに分割される。各アダプテーション副層PDU1630はこれらのセグメント1620の1つを搬送する。この例において、データパケット1610はN個のセグメント1620A-Nに分割される。アダプテーション副層PDU1630はそれぞれのセグメント1620を含むペイロード1634を含む。形式フィールド1632（この例では1バイト）がアダプ

テーション副層PDU 1630に付加される。

【0091】

論理リンク (LL) ヘッダ 1642 (この例では4バイト) がアダプテーション層PDU 1630を含むペイロード 1644に付加される。LLヘッダ 1642の情報例はストリーム識別子、制御情報、および順序番号を含む。CRC 1646がヘッダ 1642とペイロード 1644にわたって計算され、論理副層PDU (LL PDU) 1640を形成するために付加される。論理リンク制御 (LLC) および無線リンク制御 (RLC) PDUが同様に形成されるかもしれない。LL PDU 1640、LLC PDU、およびRLC PDUは、MUX機能によるサービスのために待ち行列 (例えば、高QoSの待ち行列、ベストエフォート待ち行列、または制御メッセージ待ち行列) に置かれる。

【0092】

MUXヘッダ 1652は各LL PDU 1640に付加される。MUXヘッダ 1652の一例は長さと形式を含むかもしれない (ヘッダ 1652はこの例では2バイトである)。同様のヘッダは各制御PDU (すなわちLLCおよびRLC PDU) に対して形成されるかもしれない。LL PDU 1640 (または、LLCもしくはRLC PDU) はペイロード 1654を形成する。ヘッダ 1652およびペイロード 1654はMUX副層PDU (MPDU) 1650を形成する (MUX副層PDUはここではMUX PDUともいう)。

【0093】

この例では、MACプロトコルにより、連続したTDD MACフレーム区間になるように、共有媒体上の通信資源が割当られる、さらに先で詳述する代替実施例において、これらの形式のTDD MACフレーム区間は他の種々のMAC機能が差し込まれるかもしれない。MAC機能は競合ベースまたはポーリングされた機能を含み、かつ他の形式のアクセスプロトコルを用いる既存システムに接続することを含む。上述したように、スケジューラは各TDD MACフレーム区間内の1つ以上のMAC IDに対して割当られた物理層バーストのサイズを決定するかもしれない (統合ポーリングされたTXOPに類似)。送信されるべきデータを伴うすべてのMAC IDが必ずしも特定のTDD MACフレーム区間のスペースを割当られないことに注意のこと。任意のアクセス制御またはスケジューリング方式が本発明の範囲の中で展開されるかもしれない。MAC IDに対する割当がなされると、そのMAC IDに対するそれぞれのMUX機能は、TDD MACフレーム区間に包含するため1つ以上のMUX PDU 1650を含むMAC PDU 1660を形成するだろう。1つ以上の割当られたMAC IDに対する1つ以上のMUX PDU 1650はTDD MACフレーム区間 (すなわち、上で図15を参照して詳述したTDD MACフレーム1500) に含まれるだろう。

【0094】

一実施例において、1つの態様は、MAC PDU 1660の効率的な充填を考慮して、部分的なMPDU 1650が送信されるのを認める。この例において、先行する送信から残された部分的MPDU 1650未送信バイトが含まれ、部分的MPDU 1664で特定されるかもしれない。これらのバイト 1664は現在のフレーム中の新しいPDU 1666 (すなわち、LL PDUまたは制御PDU) に先行して送信されるだろう。ヘッダ 1662 (この例では2バイト) はMUXポインタを含む。ポインタは現在のフレームで送信されるべき最初の新しいMPDU (この例ではMPDU 1666A) の始点を示す。ヘッダ 1662はMACアドレスも含むかもしれない。

【0095】

MAC PDU 1660は、MUXポインタ 1662、もしあれば初めに (先行割当から残された) 部分的MUX PDU 1664、それに続く0以上の完全なMUX PDU 1666A-N、および、もしあれば (現在の割当からの) 部分的MUX PDUまたは他の詰め物を含み、物理層バーストの割当られた部分を満たす。MAC PDU 1660はMAC IDに割当られた物理層バーストで搬送される。

【0096】

このように、MAC PDU 1660の例は、STAから別のSTAへ、受信先STAへ向けられた1つ以上のフローからのデータの一部を含み、送信されるかもしれない送信信号（802.11の用語ではフレーム）を例示する。効率的な充填は部分的MUX PDUの選択的使用によって達成される。各MAC PDUはTXOP（802.11用語）で、CCHに含まれる統合ポーリング信号に指示された時に、送信されるかもしれない。

【0097】

図15および図16で詳述した実施例は、統合ポーリング信号、縮小したプリアンプル送信、および各STA（APを含む）から物理層バーストを連続して送信することによるギャップの除去を含む種々の態様を例示している。これらの態様は802.11システムを含む任意のMACプロトコルにも適用可能である。代替実施例がさらに先で詳述される。それらの実施例は、MAC効率を達成し、またピアツーピア送信をサポートし、既存プロトコルもしくはシステムと統合および／または協調するための他の種々の方法を例証する。

【0098】

上述したように、ここに詳述した種々の実施例はチャネル推定と厳しいレート制御を利用するかもしれない。媒体上で不要な送信を最小にすることにより高いMAC効率を得るかもしれないが、不適当なレート制御フィードバックは総合的なスループットを減少させる場合があるかもしれない。このように、MAC効率増加を相殺するかもしれない不適当なチャネル推定によるスループットの損失を防ぐために、チャネル推定とフィードバックが、すべてのMIMOモードでの送信レートを最大にするように、十分な機会が提供されるかもしれない。したがって、上述したように、またさらに先で詳述するように、MACの実施例は、受信機が送信機へレート制御フィードバックを提供する機会と同様に、十分なプリアンプル送信機会を提供するように設計されるかもしれない。

【0099】

一例において、APは送信信号中にMIMOパイロットを周期的に分散させる（TPを固定または可変パラメータとして少なくともTPms毎）各STAは、ポーリングされたTXOPを、チャネルを推定するために他のSTAおよびAPが用いるかもしれないMIMOパイロットで始めるかもしれない。AP、または、別のSTAへの直接リンクプロトコル（さらに先で詳述する）を用いて送信する場合、MIMOパイロットは受信先STAで受信機処理の簡素化を支援するための偏向された参照信号であるかもしれない。

【0100】

APはACKフィードバックを提供するために受信先STAに機会を提供するかもしれない。また、受信先STAは、利用可能なMIMOモードに対するレート制御フィードバックを送信STAへ提供するために、これらのフィードバックの機会を利用するかもしれない。そのようなレート制御フィードバックは802.11(e)を含む既存802.11システムでは定義されていない。MIMOの導入はレート制御情報（MIMOモード毎）の総量を増加させるかもしれない。ある場合には、MAC効率における改良の利点を最大にするために、これらは厳しいレート制御フィードバックで補足されるかもしれない。

【0101】

ここで導入し、さらに先で詳述する別の態様はSTAのためのバックログ情報とスケジューリングである。各STAはTXOPを次のTXOPの要求期間が後続するプリアンプルで開始するかもしれない。この情報はAPに対して定められている。APは数個の異なるSTAから次の要求されたTXOPに関する情報を集めて、続くTDD MACフレーム区間のためのTXOPの媒体における期間長の割当を決定する。APは媒体を共有する方法を決定するために異なる優先度またはQoS則を用いるかもしれない。または、STAからの要求に従って媒体を比例的に共有する非常に簡単な規則を用いるかもしれない。他のスケジューリング方法も展開されるかもしれない。次のTDD MACフレーム区間のためのTXOP割当はAPからの後続制御チャネルメッセージ内に割当てられる。

【0102】

指定アクセスポイント

ここに詳述する実施例において、ネットワークは実際のアクセスポイントがある場合または無い場合の動作をサポートするかもしれない。実際のAPが存在する場合、それは例えば有線の太いパイプ接続（例えばケーブル、ファイバ、DSLもしくはT1/T3、イーサネット）または家庭娯楽用サーバに接続されるかもしれない。この場合、実際のAPはネットワーク内の装置の間を流れるデータの大部分のためのソースとシンクであるかもしれない。

【0103】

実際のAPが存在しない場合、端末は、分散調整機能（DCF）または802.11b/g/aのような方法、または上述した802.11eの拡張分散チャネルアクセスを用いてなお相互に通信するかもしれない。さらに先で説明するように、追加資源が必要な場合、媒体のより効率的な利用は集中スケジューリング方式で達成されるかもしれない。このネットワークアーキテクチャは、例えば、多くの異なる装置（例えばDVD-TV、CD-アンプ-スピーカなど）が相互に通信する必要がある家庭内で現れるかもしれない。この場合、ネットワーク端末は自動的に1つの端末をAPになるように指定する。以下に詳述するように、適応型調整機能（ACF）は指定されたアクセスポイントと共に利用されるかもしれないこと、および集中スケジューリング、ランダムアクセス、アドホック通信、またはそれらの任意の組み合わせで展開されるかもしれないことに注意のこと。

【0104】

必ずしもすべてではないが、いくつかの非AP装置は拡張MAC性能を有しているかもしれない。また指定APとしての動作に適している。すべての装置が指定AP MAC性能を持ちうるように設計される必要であるというわけではないことに注意すべきである。QoS（例えば保証された待ち時間）、スループットおよび/または効率が重要である場合、ネットワークにおける装置の1つは指定AP動作が可能であることが必要であるかもしれない。

【0105】

これは、指定APの性能は、一般に、より高い性能を持つ装置に関連するだろうということの意味する。この性能とは例えば電源電力、多数のアンテナおよび/または送信/受信チェーン、または高スループット要求のような1つ以上の特性である。（指定APを選択するための付加的要素はさらに先で詳述する）。したがって、ローエンドカメラまたは電話のようなローエンド装置は指定AP性能を持たされる必要はない。一方、ハイエンドビデオソースまたは高精細ビデオディスプレイなどのハイエンド装置は指定AP性能を備えるかもしれない。

【0106】

APのないネットワークにおいて、指定APは実際のAPの役割を引き受け、縮小した機能性を有しているかもしれないし、有していないかもしれない。種々の実施例において、指定APは以下を実行するかもしれない。（a）ネットワークの基本サービスセット（BSS）IDを確立すること、（b）ビーコンおよび放送チャネル（BCH）ネットワーク構成情報を送信することによりネットワークタイミングを設定すること（BCHは次のBCHまで媒体の構成を定めるかもしれない）、（c）順方向制御チャネル（FCH）を用いてネットワーク上にある端末の送信のスケジューリングにより接続を制御すること、（d）アソシエーションを管理すること、（e）QoSフローに対するアドミッション制御を提供すること、および/または（f）他の種々の機能。指定APは精巧なスケジューラ、またはいずれかの形式のスケジューリングアルゴリズムを実施するかもしれない。簡単なスケジューラが展開されるかもしれない。その例はさらに先で詳述する。

【0107】

修正物理層コンバージェンスプロトコル（PLCP）のヘッダについて、ピア-ピア通信に関して以下に詳述する。これは指定APに適用可能である。一実施例において、すべての送信信号のPLCPヘッダはすべての端末（指定APを含む）が復号できる基本データレートで送信される。端末からの送信信号のPLCPヘッダは所与の優先度またはフロ

一に関連している端末におけるデータバックログを含む。代替的には、それは所与の優先度またはフローに対する後続の送信機会の期間に対する要求を含む。

【0108】

指定APは、端末が要求したバックログまたは送信機会の期間長を、すべての端末の送信信号のPLCPヘッダを「スヌーピング」することによって決定する。指定APは、EDCAベースの（分散）アクセスへ割当てた時間の一部および負荷、衝突、または他の輻輳対策に基づいて無競合ポーリングされた（集中化）アクセスへ割当てた時間の一部を決定するかもしれない。指定APは、要求に比例した帯域幅を割当て、それらを無競合期間にスケジューリングする初歩的なスケジューラを実行するかもしれない。拡張されたスケジューラは、受け入れられるが、強制はされない。スケジューリングされた送信信号はCCH（制御チャンネル）上で指定APによって通知されるかもしれない。

【0109】

指定APは、1つの端末の送信信号を別の端末へ繰り返すような（すなわちホップポイントとして用いられる）機能は許容されているが、この繰り返しは要求されないかもしれない。実際のAPは繰り返すことができるかもしれない。

【0110】

指定されたアクセスポイントを選択する場合、どの装置がアクセスポイントとして役立つのがよいかを決定するために、階層構造が生成されるかもしれない。指定されたアクセスポイントの選択の際に組み込まれるかもしれない要素の例は以下を含む。（a）ユーザオーバーライド、（b）より高い優先レベル、（c）セキュリティレベル、（d）性能：電源電力、（e）性能：アンテナの数、（f）性能：最大送信電力、（g）他の要素に基づく関連を壊すこと：媒体アクセス制御（MAC）アドレス；（h）電源投入した最初の装置、（i）任意の他の要素。

【0111】

実際には、指定APが中心に位置していて、最良の集合Rx SNR CDF（すなわち、良好なSNRですべての端末を受信できる）を有していることが望ましいかもしれない。一般に、端末にあるアンテナが多いほど、受信感度はより良くなる。さらに、多数の端末が指定APを受信できるように、指定APは、より高い送信電力にするかもしれない。これらの属性を、端末が追加および／または移動するようなネットワークの動的再構成ができるように、評価し利用することができる。

【0112】

ネットワークが実際のAPまたは指定APで構成される場合、ピアツーピア接続はサポートされるかもしれない。ピアツーピア接続を一般的に次節で詳述する。一実施例において、2つの形式のピアツーピア接続がサポートされるかもしれない。（a）APが関係する各端末に送信信号をスケジューリングする管理されたピアツーピア、および（b）端末の送信信号の管理またはスケジューリングにAPが関係していないアドホック。

【0113】

指定APはMACフレーム区間を設定し、フレームの開始時点でビーコンを送信するかもしれない。放送および制御チャンネルは送信する端末に対しフレームの割当られた期間長を指定するかもしれない。ピアツーピア送信のために要求された割当を有する端末に対し（これらの要求はAPが知っている）、APはスケジューリングされた割当を提供するかもしれない。APは例えば各MACフレームなどで制御チャンネル内のこれらの割当を通知するかもしれない。

【0114】

選択的に、APはMACフレーム内にA-TCH（アドホック）セグメントを含むかもしれない。（さらに先で詳述する）MACフレーム内のA-TCHの存在はBCHおよびFCCCHで示されるかもしれない。A-TCHの間、端末はCSMA/CA手順を用いてピアツーピア通信を行うかもしれない。IEEE無線LAN標準802.11のCSMA/CA手順は即時ACKに対する要求を除外するように変更されるかもしれない。端末は、端末がチャンネルを獲得すると、複数のLLC-PDUから成るMAC-PDU（プロト

コルデータユニット)を送信するかもしれない。A-TCHにある端末によって占有されるかもしれない最大の期間は、BCHに示されるかもしれない。確認応答されたLLCに対して、必要なアプリケーション遅延に従って、ウィンドウサイズおよび最大確認応答遅延がネゴシエーションされるかもしれない。実際のAPと指定APの両方とを用いるための、A-TCHセグメントのある変更されたMACフレームは図20を参照してさらに先で詳述される。

【0115】

一実施例において、非偏向MIMOパイロットはすべての端末がそれら自身と送信端末の間のチャネルを学習することを可能にするかもしれない。これはいくつかのシナリオで有益であるかもしれない。さらに、指定APは、非偏向MIMOパイロットを使用して、チャネル推定を可能とし、割当を導出することができるPCCCHの復調を容易にするかもしれない。指定APが与えられたMACフレーム内のすべての要求された割当を受信すると、それはその後のMACフレームのためにそれらをスケジューリングするかもしれない。レート制御情報はFCCCHに含まれる必要がないことに注意のこと。

【0116】

一実施例において、スケジューラは以下の操作を実行するかもしれない。第1に、スケジューラは、次のMACフレームのためのすべての要求された割当を集め、集約した要求された割当(要求の総計)を計算する。第2に、スケジューラはF-TCHおよびR-TCH(利用可能の総計)に割当てるために利用可能な資源の総計を計算する。第3に、要求の総計が利用可能の総計を超える場合、すべての要求された割当は利用可能の総計/要求の総計で定義される比で縮小される。第4に、12OFDMシンボル未満の縮尺された割当に対して、これらの割当は12OFDMシンボルまで増加される(実施例において、代替実施例では代替パラメータで展開されるかもしれない)。第5に、F-TCH+R-TCHにおいて得られた割当を受け入れるために、過剰なOFDMシンボルおよび/またはガード時間は、12OFDMシンボルより大きいすべての割当を最大のものから始めてラウンドロビン方式のように一度に1シンボル縮減することによって、受け入れられるかもしれない。

【0117】

例は直前に説明した実施例を示す。割当要求が以下の場合を考える。20, 40, 12, 48。したがって、要求の総計=120である。利用可能の総計=90であると仮定する。また、必要なガード時間は0.2OFDMシンボルであると仮定する。従って、上の第3の操作で詳述したように、縮尺した割当は、15, 30, 9, 36である。上の第4の操作で詳述したように、9個の割当は12個まで増やされる。第5の操作に従い変更された割当およびガードタイムを加えて、割当の総計は93.8となる。これは、割当が4シンボル減少されることになることを意味する。最大のものから開始し、一度に1シンボル除外することにより、最終的な割当14, 29, 12, 34が決定される(すなわち合計89シンボルとガードタイム用0.8シンボル)。

【0118】

一実施例において、指定APが存在する場合、それは、BSSのためのビーコンを確立し、ネットワークタイミングを設定するかもしれない。装置は指定APに関連している。指定APに関連している2個の装置が、例えば低待ち時間および高スループット要求を持つHDTVリンクのような、QoS接続を要求する場合、それらはアドミッション制御のためにトラヒック仕様を指定APに提供する。指定APは接続要求を認めるか、または拒否するかもしれない。

【0119】

媒体の利用度が十分低い場合、ビーコンの間の媒体の全期間はCSMA/CAを使用するEDCA操作のためにとっておかれるかもしれない。EDCA操作が問題なく動作している場合、例えば、過度の衝突、バックオフおよび遅延がない場合、指定APは調整機能を提供する必要がない。

【0120】

指定APは端末送信信号のPLCPヘッダを受信することによって媒体の利用度を監視し続けるかもしれない。媒体およびバックログまたは送信機会期間の要求を観察することに基づいて、指定APは許可フローの所要QoSをEDCA動作が満たさないときを決定するかもしれない。例えば、それは、報告されたバックログまたは要求された期間長の傾向を観察し、それらを許可フローに基づく期待値と比較するかもしれない。

【0121】

指定APが、所要QoSが分散アクセスの下で満足されていないと決定すると、それは媒体上の動作をポーリングとスケジューリングのある動作へ移行することができる。後者は、より決定論的な待ち時間およびより高いスループット効率を提供する。そのような動作に関する例はさらに先で詳述する。

【0122】

したがって、EDCA（分散アクセス方式）からスケジューリングされた（集中化した）動作への移行は、媒体の利用、衝突、輻輳の監視、および送信端末からの送信機会要求の監視、および許可QoSフローに対する要求の比較との関数として展開されるかもしれない。

【0123】

上述したように、アクセスポイントが記述されている本明細書中を通して詳述したいかなる実施例においても、当業者はその実施例は実際のアクセスポイントまたは指定アクセスポイントと共に動作するように適合されるかもしれないことを認識するだろう。指定アクセスポイントはここに詳述するように展開および／または選択されるかもしれない。また、本明細書で述べられていないプロトコルまたはプロトコルの組合せを含む任意のプロトコルに従って動作するかもしれない。

【0124】

ピアツーピア伝送および直接リンクプロトコル（DLP）

上述したように、ピアツーピア（または、簡単に「ピア-ピア」と呼ばれる）送信により、1つのSTAは、データを最初にAPに送ることなく、直接別のSTAに送信できる。ここに詳述された種々の態様はピアツーピア送信と共に用いるために採用されるかもしれない。一実施例において、さらに先で詳述するように、直接リンクプロトコル（DLP）が、適応されるかもしれない。図17にシステム100内のピアツーピア通信の例を図示する。この例において、図1に図示したシステム100と同様であるかもしれないシステム100は1UTから別のUTへの直接送信ができるように適応される（この例においては、UT106AとUT106Bとの間の伝送が例示されている）。UT106は、ここに詳述するように、WLAN120上のAP104との通信を直接実行するかもしれない。

【0125】

種々の実施例において、次の2つの形式のピア-ピア接続がサポートされるかもしれない。（a）APが、関連する各STAに対する送信スケジューリングする管理されたピア-ピア、および（b）APが、STAの管理またはスケジューリングに関連しないアドホック。一実施例はどちらかまたは両方の形式の接続を含むかもしれない。一実施例において、送信された信号は、アクセスポイントを含むかもしれない1つ以上の端末が受信可能な共通情報と、ピア-ピア端末受信が受信するように限定的にフォーマットされた情報とを含む、一部分を含むかもしれない。共通情報はスケジューリング（例えば、図25で示されるように）または種々の近隣端末（例えば、図26で示される）による競合バックオフのために用いられるかもしれない。

【0126】

以下で詳述する種々の実施例はピア-ピア接続のための閉ループレート制御を例示する。そのようなレート制御は利用可能な高いデータレートを利用するために展開されるかもしれない。

【0127】

検討を明確にするために、種々の機能（すなわち確認応答）は必ずしも実施例で詳述さ

れない。当業者はここに開示された機能が種々の実施例における多くのセットおよびサブセットを構成するために組み合わせられるかもしれないことを認識するだろう。

【0128】

図18に従来技術の物理層バースト1800を図示する。プリアンプル1810に続いて物理層コンバージェンスプロトコル(PLCP)ヘッダ1820が送信されるかもしれない。既存の802.11システムは、データシンボル1830として送られたデータに対する形式および変調フォーマットを含むように、PLCPヘッダを定義する。

【0129】

図19に物理層バースト1900の例を図示する。これは、ピア-ピア送信のために展開されるかもしれない。図18に示したように、プリアンプル1810およびPLCPヘッダ1820が含まれ、P2P1940と明示したピア-ピア送信が後続するかもしれない。P2P1940は受信UTが用いるためのMIMOパイロット1910を含むかもしれない。MIMOレートフィードバック1920は受信UTが、後に送信UTへ戻す送信時に用いるために、含まれるかもしれない。レートフィードバックは受信端末から送信端末への前の送信信号に応答して生成されるかもしれない。次に、ピア-ピア接続のために選択されたレートと変調フォーマットに従って、データシンボル1930が送信されるかもしれない。PHYバースト1900のような物理層バーストが、アドホックピア-ピア送信と同様にAP管理のピア-ピア接続と共に用いられるかもしれないことに注意のこと。レートフィードバック実施例を以下に説明する。これらの態様を含む物理層の送信バーストの代替実施例も以下に含まれる。

【0130】

一実施例において、APはTDD MACフレーム区間を設定する。放送および制御チャネルはTDD MACフレーム区間内の割当てられた期間長を指定するために展開されるかもしれない。ピア-ピア送信(APに知られている)のための割当てを要求したSTAに対し、APはスケジューリングされた割当てを提供し、これらを各TDD MACフレーム区間に制御チャネルで公表するかもしれない。システム例は図15を参照して前に説明した。

【0131】

図20にA-TCH2010として特定された選択的アドホックセグメントを含むTDD MACフレーム区間2000の実施例を図示する。TDD MACフレーム区間2000の同じの番号をつけたセクションが含まれ、そのセクションは実質的には図15を参照して前に説明したような動作をするかもしれない。TDD MACフレーム区間2000内のA-TCH2010の存在はBCH1510および/またはCCH1520内で示されるかもしれない。A-TCH2010の間に、STAは、任意の競合手順を用いてピアツーピア通信を行うかもしれない。例えば、上で詳述したようなSIFS、DIFS、バックオフなどの802.11の方法が展開されるかもしれない。802.11(e)に導入された(すなわちAIFS)のようなQoS方法が選択的に展開されるかもしれない。種々の他の競合ベースの方式が同様に展開されるかもしれない。

【0132】

一実施例において、802.11で定義されたような競合のためのCSMA/CA手順は以下のように変更されるかもしれない。即時ACKは必要ではない。STAは、チャネルを捕捉するとき、複数のPDU(すなわちLLC-PDU)から成るMACプロトコルデータユニット(MAC-PDU)を送信するかもしれない。A-TCH内のSTAが占有する最大の期間長はBCH内に示されるかもしれない。確認応答の送信信号が要望されている場合、ウィンドウサイズと最大確認応答遅延が必要なアプリケーション遅延に従ってネゴシエーションされるかもしれない。

【0133】

この例において、F-TCH1530はAPからSTAへの送信のためのTDD MACフレーム区間の部分である。競合方法を用いるSTA間のピアツーピア通信はA-TCH2010内で行われるかもしれない。STA間のスケジューリングされたピアツーピア

通信はR-TCH1540内で行われるかもしれない。これらの3つのセグメントのいずれかは0に設定されるかもしれない。

【0134】

図21に「PHYバースト」とも呼ばれる物理層バースト2100の例を図示する。PHYバースト2100は、上で図20を参照して詳述したように、R-TCH1540の間のスケジューリングされたピア-ピア接続、またはA-TCH2010のようなアドホック接続期間で展開されるかもしれない。PHYバースト2100は非偏向MIMOパイロット2110、ピア共通制御チャネル(PCCCH)2120および1つ以上のデータシンボル2130を含む。非偏向MIMOパイロット2110は、1つ以上の端末で受信され、送信端末と受信端末間のそれぞれのチャネルを推定するために受信端末により参照として用いられるかもしれない。このPCCCHの例は以下のフィールドを含む。(a) 受信先MAC-ID、(b) 次のTDD MACフレーム区間に対する所望送信期間を求める割当要求、(c) 現在のデータパケット用の送信フォーマットを示す通信レートインジケータ、(d) APから割当を受信するための制御チャネル(すなわちCCH)のサブチャネル、および(e) CRC。非偏向MIMOパイロット2110と共にPCCCH2120は、アクセスポイントを含む種々の受信端末によって受信されるかもしれない共通セグメントである。将来のTDD MACフレーム区間内の管理されたピア-ピア接続を準備するために、割当要求がPCCCHに挿入されるかもしれない。そのようなPHYバーストは、アドホック接続に含まれ、将来のTDD MACフレーム区間内のスケジューリングされたピア-ピアのための割当を依然として要求するかもしれない。一実施例において、非偏向MIMOパイロットはSOFDMシンボル(以下で詳述する代替実施例においては、チャネル推定には、より少ないシンボルで十分であるかもしれない)であり、また、PCCCHは2OFDMシンボルである。共通セグメントに続き、非偏向MIMOパイロット2110およびPCCCH2120を含み、1つ以上のデータシンボル2130が、ピア-ピア接続において各STAによって決定されるような、空間多重化および/またはより高い変調フォーマットを用いて送信されるかもしれない。送信信号のこのデータ部分は送信信号のデータ部分に埋め込まれたレート制御情報に従って符号化される。したがって、PHYバースト2100の一部分を複数の周囲の端末が受信できる。一方実際のデータ送信は1つ以上の特定のピア-ピア接続された端末またはAPへの効率的送信のために適応される。2130におけるデータは、アクセスポイントが割当てたように送信されるか、またはアドホック接続(すなわちCSMA/CAの競合ベースの手順)に従って送信されるかもしれない。

【0135】

PHYバーストの実施例は、非偏向MIMO参照信号のSOFDMシンボルから成るプリアンプルを含む。ピア共通制御機構チャネル(PCCCH)のMAC-PDUヘッダは、 $R=1/2$ のBPSKで符号化されたSTTDモードを用いて後続の2OFDMシンボルに含まれる。MAC-IDは12ビットである。APが次のTDD MACフレーム区間の所望の期間にわたり受信するために、8ビットの割当要求が含まれる(このように最大要求は256の短いOFDMシンボルである)。Txレートは、現在のパケットで用いられているレートを示す16ビットである。FCCCHサブチャネル優先度は2ビットであって、最大4サブチャネルの間の優先度に対応している。そこでAPは適切な割当をすべきである。CRCは10ビットである。そこでは、多くの他のフィールドおよび/またはフィールドサイズが代替PHYバースト実施例に含まれるかもしれない。

【0136】

この例において、MAC-PDU送信信号の残りの部分はピア-ピア接続における各STAによって決定されるような空間多重化およびより高度の変調を用いる。送信信号のこの部分は送信信号のデータ部分に埋め込まれたレート制御情報に従って符号化される。

【0137】

図22にピア-ピアデータ送信のための方法2200を図示する。処理は端末が非偏向MIMOパイロットを送信するブロック2210で始まる。ブロック2220において、

端末は共通に復号可能な情報を送信する。例えば非偏向MIMOパイロット2110およびPCH2120は、管理された接続における割当要求をするためのメカニズムの一例として用いられる。その接続のために、APまたは他のスケジューリング端末は、要求を含む信号の一部を復号することができる必要があるだろう。当業者は共有チャネルでピア-ピア接続をスケジューリングするための無数の代替要求メカニズムを認識するだろう。ブロック2230において、データがネゴシエーションされた送信フォーマットに従って1つの端末から別の端末へ送信される。この例において、偏向されたデータは、非偏向MIMOパイロット2110の測定値に従って決定されたようなレートおよびパラメータを用いて送信される。当業者は特定のピア-ピアチャネル用に適応されたデータを送るための種々の代替手段を認識するだろう。

【0138】

図23にピア-ピア通信のための方法2300の例を図示する。この方法例2300はいくつかの態様を例示する。そのサブセットは任意の実施例内で展開されるかもしれない。処理は判定ブロック2310で始まる。判定ブロック2310において、STA-STA転送のためのデータがある場合、判定ブロック2320へ進む。それ以外は、ブロック2370へ進み、もしあれば他のアクセス形式を含む他の形式の通信を実行する。判定ブロック2310に戻ることにによって処理が繰り返されるかもしれないような判定ブロック2360まで進むか、または終了する。

【0139】

判定ブロック2320において、送信のためのSTA-STAデータがある場合、ピア-ピア接続がスケジューリングされているか、またはアドホックであるかを決定する。送信がスケジューリングされている場合、ブロック2330へ進み、TXOPを獲得するために割当を要求する。上述したように、TDD MACフレーム区間のランダムアクセス部分の間に、割当要求がなされるかもしれないし、または割当要求はアドホック送信に含まれるかもしれないことに注意のこと。一度割当がなされると、ブロック2350において、STA-STAの物理的バーストを送信するかもしれない。一実施例において、方法2200が、STA-STA PHYバーストの一形式として、用いられるかもしれない。

【0140】

判定ブロック2320において、スケジューリングされたピア-ピア接続が必要でない場合、アクセスのためにブロック2340へ進む。例えば、TDD MACフレーム区間2000のA-TCHセグメント2010が用いられるかもしれない。競合により接続の獲得に成功した場合、ブロック2350に進み、上述したようにSTA-STA PHYを送信する。

【0141】

ブロック2350から、処理が上述したように繰り返すか、または終了するかもしれない判定ブロック2360へ進む。

【0142】

図24にピア-ピア接続で用いるためのレートフィードバックを提供する方法例2400を図示する。この図は2つの端末、STA1およびSTA2によって実行されるかもしれない種々の送信および他のステップを示す。STA1は非偏向パイロット2410をSTA2に送信する。STA2は非偏向パイロット2410を受信している間、チャネル2420を測定する。一実施例において、STA2は測定に応じてチャネルで送信できるレートを決定する。このレート決定はレートフィードバック2430としてSTA1に送信される。種々の代替実施例において、レートフィードバック決定がSTA1でできるような代替的パラメータが送信されるかもしれない。2440において、STA1は、スケジューリングされた割当を受信するか、または例えばA-TCHの間、送信機会を競合する。送信機会が2450で獲得されると、STA1はレートフィードバック2430に応答して決定されたレートおよび変調フォーマットでデータをSTA2へ送信する。

【0143】

図24に例示した方法は、当業者に直ちに明らかであるように、一般化され、種々の実施例に適用されるかもしれない。ピア-ピアレートフィードバックおよび他の態様を組み込む例をさらに先で詳述する。

【0144】

図25に2つの端末STA1並びにSTA2および1つのアクセスポイント(AP)間の管理されたピア-ピア接続を例示する方法2500を図示する。2505において、STA1は割当に対する要求と同様に非偏向パイロットを送信する。データは初期の割当および前のレートフィードバックに従って、以下に例示されるように送信されるかもしれない。さらに、そのようなデータは、前の管理されたピア-ピア接続からの、または、STA1かSTA2によって発せられたアドホック通信からのレートフィードバックに従って、送信されるかもしれない。非偏向パイロットおよび送信要求はSTA2およびアクセスポイントの両方で受信される。(また、領域内の他の種々の端末で受信可能であるかもしれない)。

【0145】

アクセスポイントは、送信要求を受信し、種々のスケジューリングアルゴリズムの1つに従って、いつピア-ピア通信のための割当をするか、および割当をするかどうかの決定をする。STA2は2505内の非偏向パイロットが送信されている間、チャンネルを測定し、STA1とのピア-ピア通信のためのサポート可能なレートに関する決定をするかもしれない。選択的に、STA2は前の送信信号に従ってSTA1からのレートフィードバックおよび/またはデータを受信するかもしれない。

【0146】

この例において、アクセスポイントは、要求された送信のために割当が行われることをすでに決定している。2515において、割当はアクセスポイントからSTA1へ送信される。この例において、R-TCCH1540における割当は、上述したCCH1520のような制御チャンネルの間に送信される。同様に、2520において、STA2のためにR-TCCHにおける割当がなされる。2525において、STA1はアクセスポイントから割当を受信する。2530において、STA2はアクセスポイントから割当を受信する。

【0147】

STA2は2535において割当2520に従ってレートフィードバックを送信する。上述したように、選択的に、前の要求に従って送信されるべきデータと同様にスケジューリングされた送信信号に対する要求が含まれるかもしれない。送信されたレートフィードバックは、上述したように、チャンネル測定2510に従って選択される。2535のPHYバーストは同様に非偏向パイロットを含むかもしれない。2540において、STA1は、STA2からのチャンネルを測定し、レートフィードバックを受信し、同様に、選択的なデータを受信するかもしれない。

【0148】

2545において、割当2515に従って、STA1は受信されたレートフィードバック情報に従ってデータを送信する。さらに、今後の割当、および2540での測定値に従って行うレートフィードバックのために、要求がなされるかもしれない。ピア-ピア通信のための特定のチャンネル測定に従って、データが送信される。2550において、STA2は選択的に送信されたレートフィードバックと同様にデータを受信する。また、STA2は今後の送信のためのレートフィードバックを提供するためにチャンネルを測定するかもしれない。

【0149】

アクセスポイントで両送信信号2535および2545が、上述したように少なくとも非偏向部分が、受信可能であることに注意のこと。したがって、含まれている任意の要求に対して、アクセスポイントは、STA1およびSTA2へのそれぞれの割当2555および2560で示される今後の送信のための追加割当をするかもしれない。2565および2570において、STA1およびSTA2はそれぞれの割当を受信する。次に、処理は、共有媒体上でアクセスを管理するアクセスポイントと、ピア-ピアチャンネルで支援で

きるとして選択されたレートと変調フォーマットでお互いに直接ピア-ピア通信を送信しているSTA 1およびSTA 2とで無期限に繰り返すかもしれない。代替実施例において、アドホックピア-ピア通信が、図25に例示する管理されたピア-ピア通信と共に実行されるかもしれないことに注意のこと。

【0150】

図26に競合ベース（またはアドホック）のピア-ピア接続を例示する。STA 1およびSTA 2は互いに通信するだろう。他のSTAも受信範囲にあり、共有チャネルにアクセスするかもしれない。2610において、STA 2へ送信するデータを有しているSTA 1は共有チャネルを監視し、アクセスを競合する。一度送信機会が獲得されると、他のSTAも受信するかもしれないピア-ピアPHYバースト2615は、STA 2へ送信される。2620において、共有チャネルを監視している他のSTAは、STA 1からの送信信号を受信し、チャネルへのアクセスを避けるべきことを分かるかもしれない。例えば、上述したPCCHは送信信号2615に含まれるかもしれない。2630において、STA 2は非偏向パイロットによってチャネルを測定し、共有チャネル上でリターンアクセスを競合する。また、STA 2は必要に応じてデータを送るかもしれない。競合時間は変化するかもしれないことに注意のこと。例えば、既存の802.11システムではSIFSに続いて、ACKが返されるかもしれない。SIFSが最優先であるため、STA 2はチャネルを失うことなく応答するかもしれない。種々の実施例は、より少ない遅延を見込んで、リターンデータに高い優先度を提供するかもしれない。

【0151】

2635において、STA 2は選択的なデータと共にレートフィードバックをSTA 1へ送信する。2640において、STA 1はレートフィードバックを受信し、再度共有媒体へのアクセスを競合し、2645において受信されたレートフィードバックに従ってSTA 2へ送信する。2640において、STA 1はまた、今後の送信のためのレートフィードバックをSTA 2へ提供するためにチャネルを測定し、STA 2が送信した選択的なデータを受信するかもしれない。2650において、STA 2は、測定されたチャネル状態により決定されたレートおよび変調フォーマットに従ってデータ送信信号2645を受信する。また、STA 2は送信信号をSTA 1に返す際に用いるためのレートフィードバックを受信するかもしれない。また、STA 2は今後のレートフィードバックを提供するためにチャネルを測定するかもしれない。その結果、処理は、STA 2がデータと同様にレートフィードバックを返す2635に戻ることによって、繰り返されるかもしれない。

【0152】

したがって、2つの端末は、アクセスを競合することによって、双方向にアドホック通信を実行するかもしれない。ピア-ピア接続自体は、レートフィードバックの使用および送信信号を受信端末に合わせることで、効率的になる。PCCHのようなPHYバーストの共通受信可能な部分が展開される場合、2620に例示されるように、他のSTAはこの情報にアクセスし、PCCHに示されるように、占有中であることが分かっているときにはチャネル上での干渉を回避するかもしれない。図25で示したように、管理されたあるいはアドホックピア-ピア通信は図26に例示したステップに先立ってデータ転送を開始するかもしれないし、また連続してピア-ピア通信を続けるために用いられるかもしれない。したがって、スケジューリングされたおよびアドホックピア-ピア通信の任意の組み合わせが展開されるかもしれない。

【0153】

図27に端末間の管理されたピア-ピア通信を例示して、TDD MACフレーム区間の例2700を図示する。この例において、F-TCHおよびA-TCHの期間はゼロに設定されている。ビーコン/BCH 1510およびCCH 1520は従来と同様送信される。ビーコン/BCH 1560は次のフレームの始まりを示す。CCH 1520はピア-ピア通信のための割当を示す。それらの割当に従って、STA 1は割当てられたバースト2710でSTA 2へ送信する。同じTDD MACフレーム区間に、STA 2はSTA 1に応答するためのセグメント2730が割当てられることに注意のこと。上で詳述した

レートフィードバック、要求、偏向および／または非偏向パイロット、および偏向および／または非偏向データのような種々の要素は与えられたいずれかのピア-ピアPHY層バーストに含まれるかもしれない。STA 3は割当2720でSTA 4へ送信する。STA 4は割当2740で、同様にSTA 3へ送信する。非ピア-ピア接続を含む他の種々の逆方向リンク送信信号はR-TCHに含まれるかもしれない。これらのおよび他の態様を示す追加実施例はさらに先で詳述される。

【0154】

図27において、ガード区間が、必要に応じてセグメント間にスケジューリングされるかもしれないことに注意する必要がある。ピア-ピア通信に関する主要な問題は、一般に2つのSTAの間の経路遅延が未知であるということである。これを解決する1つの方法は各STAに送信時刻を固定にしておくことで、それによって、APの時計に同期してAPに到着する。この場合、APは、2つの通信中のSTA間の未知の経路遅延を補償するために、各ピア-ピア割当の両側にガードタイムを用意するかもしれない。多くの場合、周期的なプレフィックスが適切だろう、また、STA受信機において調整される必要はないだろう。次に、STAは、いつ他のSTAの送信信号を受信するかを知るために、それぞれの時間オフセットを決定しなければならない。STA受信機は2つの受信時計を保持する必要があるかもしれない。1つはAPフレームタイミングのための、他方はピア-ピア接続のためのものである。

【0155】

種々の実施例で例示したように、確認応答とチャネルフィードバックは、割当の間に、受信機で導出され、送信機へフィードバックされるかもしれない。トラヒックフロー全体が一方向であっても、受信機は参照信号および割当を獲得するための要求を送出する。APスケジューラはフィードバックのための適切な資源が提供されることを保証する。

【0156】

既存端末およびアクセスポイントの相互運用性

ここに詳述されるように、説明した種々の実施例は既存システムの改善を提供する。それにも拘わらず、既に現存する既存システムの広い展開を考えると、システムが現在の既存システムおよび／または既存ユーザ端末との後方互換性を持つことは望ましいかもしれない。ここに用いられるように、用語「新クラス」は既存システムと区別するために用いられる。新クラスシステムは、ここに詳述した態様または機能の1つ以上を組み込むかもしれない。新クラスシステムの例は、図35-52を参照して以下で説明するMIMO OFDMシステムである。さらに、以下に詳述する新クラスシステムと既存システムの相互運用のための態様は、ここに詳述した任意の特定の改良がそのようなシステムに含まれているか否かに関係なく、これから展開される他のシステムにも適用できる。

【0157】

一実施例において、代替システムとの後方互換性が、既存ユーザからの別々のFAで新クラスシステムの動作を可能とするために、別々の周波数割当(FA)を用いて、提供されるかもしれない。したがって、新クラスシステムは動作するための利用可能なFAを探索するかもしれない。動的周波数選択(DFS)アルゴリズムは、これに適応する新クラスWLANで実施されるかもしれない。APをマルチキャリアーであるように展開することが望ましいかもしれない。

【0158】

WLANへのアクセスを試みる既存STAはパッシブおよびアクティブの2つの走査方法を用いるかもしれない。パッシブ走査により、STAは、動作帯域を走査することにより、その近傍で実行可能な基本サービスセット(BSS)のリストを生成する。アクティブ走査により、STAはBSS内の他のSTAからの応答を要請するために質問を送信する。

【0159】

既存標準は、STAがどのBSSに加わるかの決定法に関して言及しないが、一度決定をすると、連携を試みるかもしれない。失敗した場合、STAはそのBSSリスト内を成

功するまで探索するだろう。既存STAは、送信されたビーコン情報がそのSTAに理解されない場合、新クラスWLANとの連携を試みないかもしれない。しかし、新クラスAP (UTと同様に) は、1つのFAに1つのWLANクラスを保持するための一方法として、既存STAからの要求を無視するかもしれない。

【0160】

代替手法は、新クラスAPまたは新クラスSTAが、有効な既存 (すなわち802.11) の通信を用いる既存STAの要求を拒絶するものである。既存システムがそのような通信をサポートする場合、既存STAは宛先変更メッセージを提供されるかもしれない。

【0161】

別々のFAでの動作と関連する明らかなトレードオフは、両方のクラスのSTAをサポートするために必要な追加スペクトルである。1つの利点はQoSおよびその類似のような機能を保持する種々のWLAN管理の容易さである。しかし、本明細書を通して詳述するように、既存CSMA/MACプロトコル (例えば既存802.11標準で詳述したもの) は、一般に、ここに詳述したMIMOシステムの実施例のような新クラスシステム用にサポートされた高データレートには非効率的である。したがって、同じFAで新クラスMACが既存MACと共存できる後方互換性モードの動作を展開することが望ましい。既存および新クラスシステムが同じFAを共有するかもしれないいくつかの実施例を以下に説明する。

【0162】

図28に同じ周波数割当てで既存および新クラス端末の両方をサポートするための方法2800を図示する。この例において、明確さのために、BSSは別々に動作していると仮定する (すなわち、複数のオーバーラップしているBSSの間に、協調がない)。処理はブロック2810で始まる。ここでは既存信号が無競合期間を確立するために用いられる。

【0163】

いくつかの例示的例が既存802.11システムで用いるために続いている。これらの例では、新クラスWLAN APは、既存802.11標準内に組み込んだフックを、新クラス端末が専用に用いるための時間を確保するために用いるかもしれない。これらに加えて、種々の形式の既存システムに対して、多くの信号方法が無競合期間を確立するために用いられるかもしれない。

【0164】

1つの方法は無競合期間 (CFP) をPCF/HCFモード内に確立することである。APは、ビーコン区間を確立し、そのビーコン区間中に、ポーリングされたモードでAPが新クラスおよび既存STAの両方に用いられることができる無競合期間を通知するかもしれない。これは、すべての既存STAに、それらのネットワーク割当てベクトル (NAV) を通知されたCFPの期間に対して設定させる。NAVはCFPを追跡するために用いられるカウンタである。その結果、ビーコンを受信する既存STAは、APによってポーリングされない場合、CFPの間、チャネルの使用を妨げられる。

【0165】

別の方法はCFPを確立すること、およびRTS/CTS並びに期間長/IDフィールドによりNAVを設定することである。この場合、新クラスAPは、APがチャネルを確保していることをすべての新クラスSTAに示す確保済アドレス (RA) を持っている特別なRTSを送出するかもしれない。既存STAは、RAフィールドを特定のSTAに向けてられているとして解釈し、応答しない。新クラスSTAは、特定のCTSに応答し、CTS/RTSメッセージペア中の期間長/IDフィールドに指定された期間にわたりBSSを空ける。ここに、新クラス端末は確保された期間にわたり競合なしにチャネルを自由に使用することができる。

【0166】

ブロック2820において、無競合期間を確立するための信号を受信していた既存クラスのSTAはポーリングされるかまたは無競合期間が終了するまで待機する。したがって、アクセスポイントは共有媒体を新クラスMACプロトコルの使用のために割当てること

に成功する。ブロック2830において、このプロトコルに従って、新しいSTAはアクセスするかもしれない。ここに詳述した態様の任意の組合せまたはサブセットはそのような新クラスMACプロトコルで展開されるかもしれない。例えば、管理されたピア-ピア送信、アドホックもしくは競合ベースの通信（ピア-ピアを含む）、またはそれらの組合せ、およびスケジューリングされた順方向および逆方向リンク伝送が展開されるかもしれない。ブロック2840において、展開された既存システムによって変わるかもしれない種々の信号形式のいずれかを用いて、新クラスのアクセス期間が終了する。一実施例において、無競合期間の終了信号が送信される。代替実施例において、無競合期間に、既存STAはポーリングされるかもしれない。そのようなアクセスは新クラスアクセスに続くかもしれない、またはそれらのアクセス中に分散されるかもしれない。

【0167】

ブロック2850において、競合期間が既存システムのために定義される場合、すべてのSTAはアクセスを競合するかもしれない。これにより、無競合期間の間、通信できない既存システムが、要求することおよび／または送信を試みる事が可能となる。判定ブロック2860において、処理はブロック2810へ戻って続くか、または終了する。

【0168】

図29に既存および新クラス媒体アクセス制御の組み合わせを図示する。既存MACプロトコル2910を新クラスプロトコル2930の上に示す。これらは組み合わせられると、結合MACプロトコル2950のようなMACプロトコルを形成する。この例において、802.11の既存信号を例示目的に用いている。当業者は、ここに開示された手法がさまざまな既存システムのいずれか、およびここに開示された機能の任意の組合せを含む新クラスMACプロトコルのいずれかに適用されるかもしれないと分かるだろう。

【0169】

既存MACプロトコル2910はビーコン2902を含む。このビーコンはビーコン区間を特定する。既存ビーコン区間は競合期間2906が後続する無競合期間2904を含む。種々の無競合ポーリング信号2908A-Nが無競合期間2904の間に生成されるかもしれない。無競合期間2904は無競合期間終了2910により終了する。各ビーコン2902は802.11の実施例におけるターゲットビーコン送信時間（TBTT）に送信される。新クラスMACプロトコル2930はMACフレーム2932A-Nを含む。

【0170】

結合ビーコン区間2950は無競合期間2904の間、既存および新クラスMACプロトコルの相互運用性を例示する。新クラスのTDD MACフレーム区間2932が含まれており、既存ポーリング信号CF-P 112908A-Nが後続する。無競合期間はCFPEND 2910で終了し、競合区間2906が後続する。新クラスのTDD MACフレーム区間2932はここに詳述した種々の態様を選択的に含む任意の形式であるかもしれない。一実施例において、新クラスのTDD MACフレーム区間2932は、前の図20を参照して例示したような種々のセグメントを含む。したがって、この例において、新クラスTDD MACフレーム区間はパイロット1510、制御チャネル1520、順方向送信チャネル1530、アドホックピア-ピアセクション（A-TCH）2010、リンク送信チャネル1540、およびランダムアクセスチャネル1550を含む。

【0171】

CFP 2904の間、既存STAは新クラスWLAN送信信号のいずれとも干渉すべきでないことに注意のこと。APはCFPの間、セグメント内で混合モード動作を可能として、既存STAをポーリングするかもしれない。さらに、APは新クラスで利用するために全CFP 2904を確保し、全既存トラヒックを、ビーコン区間終了に近い競合期間（CP）2906の方へ押すかもしれない。

【0172】

802.11既存標準の例は、CP 2906が2つの既存端末間での交換をサポートすることができる程十分に長いことを要求する。したがって、ビーコンは遅延するかもしれ

なく、結果としてシステム内の時間ジッタが発生するかもしれない。必要なら、ジッタを緩和するために、CFP区間は固定ビーコン区間を維持するために短縮されるかもしれない。CFPおよびCPを確立するために用いるタイマは、CFPがCP（すなわち10 msecより短い）に比べて長くなるよう（すなわち約1.024秒）に設定されるかもしれない。しかし、CFPの間にAPが既存端末をポーリングする場合、それらの送信信号の期間は、未知であるかもしれない、さらに時間ジッタを引き起こすかもしれない。その結果、同じFAで既存STAを収容する場合、新クラスSTAに対するQoSを維持するように注意しなければならない。既存802.11標準は1.024 msecのタイムユニット（TU）と同期する。新クラスMACは、この例では2TUすなわち2.048 msecのMACフレーム期間を使って、既存システムに同期するように設計されるかもしれない。

【0173】

いくつかの実施例において、新クラスMACフレームは同期していることを保証することが望ましいかもしれない。すなわち、システムに対するMACフレームクロックは連続しているかもしれない。また、MACフレームの境界は、送信されるとき、2.048 msecフレーム区間の倍数の時に始まる。このように、STAに対するスリープモードは容易に維持されるかもしれない。

【0174】

新クラスの送信は既存送信と互換性がある必要はない。ヘッダ、プリアンブル等は、すべて、例がこの明細書中に詳述されている新クラスシステムに対して一意的であるかもしれない。既存STAはこれらの復調を試みるかもしれない。しかし、適切な復号に失敗するだろう。一般に、スリープモードにある既存STAは影響されないだろう。

【0175】

図30に送信機会を獲得するための方法3000を図示する。方法3000はブロック2830として上で例示された方法2800の実施例の中で展開されるかもしれない。処理は、アクセスがスケジューリングされたか、されていないかの判定ブロック3010で始まる。この例は2つの形式のアクセスを例示しているが、当業者は与えられた実施例のいずれにおいても、これらのアクセス形式のいずれかまたは両方がサポートされるかもしれないことを認識するだろう。判定ブロック3010において、スケジューリングされないアクセスが望ましい場合、ブロック3040へ進み、アクセスを競合する。多数の競合ベースのアクセス手法が展開されるかもしれない。送信機会（TXOP）が一度獲得されていると、ブロック3040でその送信機会に従って送信する。次に、処理は終了するかもしれない。

【0176】

ブロック3010において、スケジューリングされたアクセスが望ましい場合、ブロック3020へ進み、アクセスを要求する。このアクセス要求は、ランダムアクセスチャネル上で、アドホック競合間に、またはここに開示した他の方法のいずれかで行われるかもしれない。ブロック3030において、アクセス要求が許可されると、割当が受信されるだろう。ブロック3050へ進み、受信された割当に従って、TXOPを送信する。

【0177】

ある場合には、新クラスAPと、同じ周波数割当でオーバーラップしている既存BSSと共に、関連するBSSの間の相互運用を提供することが望ましいかもしれない。既存BSSはDCFまたはPCF/HCFモードで動作しているかもしれない。そのため、新クラスBSSと既存BSSとの間の同期はいつも得られるというわけではないかもしれない。

【0178】

既存BSSがPCFまたはHCFモードで動作している場合、新クラスAPは、TBTに同期する試みをするかもしれない。これが可能である場合、新クラスAPは、その例を上述した種々のメカニズムのいずれかを用いて競合期間にチャネルを捕捉し、オーバーラップしたBSS領域内で動作するかもしれない。既存BSSがDCFの下で動作している場合、新クラスAPはチャネルの捕捉、およびチャネルをクリアするためのCFPの通知

を試みるかもしれない。

【0179】

既存BSS内のいくつかまたはすべてのSTAが新クラスAPの送信信号を受信しない状況があるかもしれない。この場合、それらの既存STAは新クラスWLANの動作を妨げるかもしれない。この妨害を避けるために、新クラス端末は、CSMAベースの動作を実行せず、ピア-ピア送信に依存するかもしれない（これはさらに先で図33-34を参照して詳述する）。

【0180】

図31に単一のFAを複数のBSSと共有するための方法例3100を図示する。ブロック3110において、既存アクセスポイントはビーコンを送信する。新クラスアクセスポイントは、同じ周波数割当を共有して、ビーコンと（選択的に）関連しているTBTTに同期するかもしれない。ブロック3120において、ビーコンに従って既存無競合期間が定められている場合、それを実行する。無競合期間がもしあれば、それが一度完了すると、次に、すべてのSTAが、定められた競合期間に、アクセスを競合するかもしれない。ブロック3130において、新クラスアクセスポイントは競合期間に、アクセスを競合する。ブロック3140において、新クラスSTAは、新クラスアクセスポイントがアクセスを競合していた期間、共有媒体にアクセスするかもしれない。この新クラスアクセス期間中のアクセスの形式はここに詳述される態様のいずれかを含むかもしれない。アクセスポイントがチャネルを確保している時間の総計を既存STAに示すために、上述したような種々の方法が用いられるかもしれない。この期間が一度完了すると、次に、既存STAはブロック3150で競合するかもしれない。判定ブロック3160において、処理はブロック3110へ戻って継続するかもしれないし、または終了するかもしれない。

【0181】

図32に、単一FAを用いるオーバーラップしたBSSを例示する。既存システム3210はビーコン3205を送信する（既存システムのTBTTと全体のビーコン区間を例示しながら3205Aおよび3205Bを示す）。ビーコン3205Aは無競合区間3210および競合期間3215を特定する。無競合期間3210の間、無競合期間終了の標識3225の前に、既存無競合ポーリング信号3220A-Nが実行されるかもしれない。

【0182】

アクセスを競合する機会が来るまで、新クラスWLAN3240における端末は、チャネルを監視し、ビーコン3205を受信して、媒体にアクセスすることを控える。この例においては、最も早い機会は無競合期間の間である。PIFS3230の後に、新クラスアクセスポイントは、チャネルが占有されるだろう時間の総計を既存端末に示すために、既存信号3245を送信する。種々のシンボルが、この機能を実行するのに用いられるかもしれない。その例は上で詳述した。相互運用性が望ましい既存システムに依存する、種々の他の信号が展開されるかもしれない。既存信号3245の受信範囲にある既存STAは、新クラスアクセス期間3250の終了までチャネルにアクセスすることを避けるかもしれない。期間3250は1つ以上のTDD MACフレーム区間3260を含む（この例では3260A-N）。TDD MACフレーム区間3260は任意の形式であるかもしれない。その例はここに詳述した態様の1つ以上を含む。

【0183】

一実施例において、新クラスAPは決まった時間間隔でチャネルを捕捉する（すなわち、新クラスAPは40msec毎に20msecにわたりチャネルを捕捉する）。新クラスAPは、必要な期間チャネルを保持しているだけであることを保証し、そのためにチャネルの公正な共有を保証するためのタイマを保持するかもしれない。チャネルを捕捉する際に、新クラスAPは種々の信号を用いるかもしれない。例えば、CTS/RTSまたは新しいCFPを通知する既存ビーコンが送信されるかもしれない。

【0184】

新クラスの区間3250の間、第1のTDD MACフレーム区間の例は以下の通り定められるかもしれない。最初に、現在のMACフレームにおいてポーリングされるべきリ

スト上のUTを示すビーコン＋F－CCHを送信する。F－CCHの後に、一続きのMIMOパイロットを放送し、STAがMIMOチャネルの正確な測定値を入手し形成できるようにする。一実施例において、1アンテナあたり2個の短いOFDMシンボルで優れた特性が得られるかもしれない。これは、最初のMACフレーム内のF－TCHがおよそ8個のMIMOパイロットシンボルで構成されるかもしれないことを意味する。ポーリングリスト上のSTAが、APへ戻す確認応答と共に偏向されたMIMOパイロットおよびレートインジケータ（下りリンクのため）を送信するように、最初のMACフレームのR－TCH部分が構成されるかもしれない。この例では、この時点で、ポーリングリスト上のすべての端末は次のTDD MACフレーム区間で通常のスケジューリングされた方法で動作する準備ができています。第1のTDD MACフレーム区間に続くTDD MACフレーム区間は、ここに開示された方法のいずれかを用いて、APによって調整されてデータ交換するために用いられるかもしれない。

【0185】

上述したように、新クラス端末は、CSMAベースの動作を実行せず、ある状況（例えば、既存BSS内のいくつかまたはすべてのSTAが新クラスAP送信信号を受信しない状況）ではピア-ピア送信に依存するかもしれない。そのような場合、上述したオン/オフ循環は、有利または可能性があると言えないかもしれない。これらの場合は、新クラス端末はピア-ピア動作をデフォルトとするかもしれない。

【0186】

図33に、既存BSSと相互運用しているが、ここに開示した種々の方法を用いて、高速ピア-ピア通信を実行するための方法例3300を図示する。処理はブロック3310で始まる。ここで、第2のSTAへ送信するデータを有している第1のSTAがアクセスを競合する。ブロック3320において、アクセスの競合に成功した端末は上述したような既存信号を用いて媒体をクリアする。ブロック3330において、第1のSTAは要求信号（パイロットを伴う）を第2のSTAに送信する。送信されたパイロットに従って、第2のSTAはチャネルを測定することができる。第2のSTAはチャネルフィードバックを第1のSTAに送信する。従って、ブロック3340において、第1の端末はチャネルフィードバック（例えば、レートフィードバック）によって応答を受信する。ブロック3350において、第1のSTAはパイロットおよび偏向されたデータをフィードバックに応じて第2の端末に送信する。ブロック3360において、第2のSTAは第1のSTAへ確認応答を送信するかもしれない。また、さらに先の送信に用いるための連続したレートフィードバックを送信するかもしれない。媒体をクリアするために用いられる既存信号により、ブロック3330から3360を、ここに開示したような高速な手法および既存システムへの改良を用いて実行することができる。STAが一度媒体をクリアすると、任意のピア-ピアMACプロトコルが本発明の期間の範囲内で展開されるかもしれない。処理は、判定ブロック3370に図示されるように、ブロック3310へ戻って続くか、または終了するかもしれない。

【0187】

一実施例において、ピア-ピアモードで、CSMAに対する既存規則に従って、チャネル捕捉が動作する。この例において、PCFおよびHCFは採用されていない。また、必ずしも集中化したネットワークアーキテクチャがある必要はないかもしれない。新クラスSTAが他の新クラスSTA（または、AP）との通信を希望している場合、そのSTAはチャネルを捕捉する。第1の送信信号は、十分なMIMOパイロットおよび接続を確立する要求をするメッセージから成る。CTSおよびRTSは領域および確保した時間をクリアするために使われるかもしれない。要求しているSTAメッセージはSTA BSS ID、STA MAC ID、および送信先STA MAC ID（分かっているならば）を含まなければならない。応答信号は応答しているSTAのBSS IDを含んだほうが良い。これにより、偏向が用いられている場合、STAは、それらが送信偏向ベクトルの受信機補正を実行する必要があるかどうかを決定できる。STAが、BSSを調整している指定APですべて較正した場合、送信偏向を用いることは有利であるかもしれないが、

この場合用いられる必要はないことに注意のこと。

【0188】

図33を参照して説明したように、応答はMIMOパイロット（使われていれば偏向された）とレート表示を含むかもしれない。この交換が一度発生すると、偏向は各リンクで可能である。しかし、STAが異なるBSSに属する場合、接続を開始したSTA間の第1の偏向された送信信号は偏向されたMIMOパイロットを含むかもしれない。これにより応答しているSTA受信機は異なるBSS間の位相差を補正できる。

【0189】

この一実施例において、一度最初の交換が発生すると、偏向は可能である。交換は下りリンクおよび上りリンク送信間のSIFS区間に付着する方がよい。偏向のために固有ベクトルを計算する際の処理遅延があり得るため、STAは固有ベクトル処理の代わりに最小平均2乗誤差（MMSE）処理を用いる必要があるかもしれない。一度偏向ベクトルが計算されると、STAは固有ベクトルを送信側で用い始めるかもしれない。また、受信側は、最適の空間整合フィルタ解に向かって適応しながら、MMSE処理を使い続けるかもしれない。追跡およびレート制御は、2つのSTAの間の定期的なフィードバックで容易となるかもしれない。STAがチャネルの制御を維持するために、SIFS区間が付加されるかもしれない。

【0190】

図34に、既存BSSでアクセスを競合することによる（すなわち管理された）MIMO方法を用いたピア-ピア通信を例示する。この例において、開始端末106Aはチャネルのアクセスを競合する。チャネルの捕捉に成功する場合、MIMOパイロット3405が送信され、要求信号3410が続く。メッセージはBSS ID、開始STAのMAC ID、および分かっている、受信先STAのMAC IDを含むかもしれない。CTSやRTSなどの他の信号が、さらにチャネルをクリアするために用いられるかもしれない。応答するSTA 106Bは偏向されたパイロット3420を送信する。確認応答およびレートフィードバック3425がそれに続く。偏向されたパイロット3420は要求信号3410に続く送信されたSIFS3415である。既存アクセスポイントが802.11アクセスポイントである一実施例において、SIFSが最優先であることを思い出すと、応答端末106Bはチャネル制御を保持するだろう。図34に詳述した種々の送信信号は、ピア-ピア通信が完了するまでチャネル制御を維持するために、相互にSIFSの間隔を持って送信されるかもしれない。

【0191】

一実施例において、チャネル占有のための最大期間長が決定されるかもしれない。フィードバック3425に続く偏向されたパイロット、およびデータ3435は、そのレートフィードバックに従って開始STA106Aから応答STA106Bへ送信される。データ3435に続いて、応答STA106Bは偏向されたパイロット3440および確認応答並びにレート制御3445を送信する。それに応じて、開始端末106Aは、データ3455が後続する偏向されたパイロット3450を送信する。

【0192】

処理は無期限または展開期間に依存してチャネルアクセスに許容された最大の時間まで続くかもしれない。図34に示されないが、応答STAはデータを送るかもしれないし、また、開始端末は同様にレート制御を送信するかもしれない。これらのデータセグメントは、効率を最大（すなわち、SIFSをこれらの送信の間に挿入する必要はない）にするために図34に示されるセグメントを組み合わせられるかもしれない。

【0193】

2つ以上のBSSがオーバーラップする場合、調整手段でチャネルが共有されることを認めるメカニズムを展開することが望ましいかもしれない。いくつかのメカニズム例をそれぞれに関連している動作手順例と共に以下に概説する。これらのメカニズムは組み合わせられて展開されるかもしれない。

【0194】

第1のメカニズム例は動的周波数選択 (DFS) である。BSSを確立する前に、WLANは、BSSに対する動作を確立するための最良の周波数割当 (FA) を決定するために無線媒体を探索するように要求されるかもしれない。候補FAを探索する処理の途中で、APは、宛先変更およびAP間ハンドオフを容易にするために近隣リストを生成するかもしれない。さらに、WLANは、MACフレームタイミングを近隣BSS (さらに先で説明する) に同期させるかもしれない。DFSはBSS間同期の必要性を最小にするためにBSSを分散するために用いられるかもしれない。

【0195】

第2のメカニズム例はBSS間同期である。DFS手順の間、APは近隣BSSのタイミングを獲得するかもしれない。一般に、BSS間ハンドオフを容易にするためにすべてのBSSを同期させる (一実施例における単一FA上で、または、代替実施例においては複数のFAにわたって) ことが望ましいかもしれない。しかし、このメカニズムによって、少なくとも互いに近接して同じFA上で動作しているBSSはそれらのMACフレームを同期させる。さらに、同一チャネルBSSがオーバーラップしている場合 (すなわち、APは互いを受信できる)、新たに現れるAPは、確立されたAPにその存在の警報を出し、資源共有プロトコルを以下のように設定するかもしれない。

【0196】

第3のメカニズム例は資源共有プロトコルである。同じFAでBSSをオーバーラップすることは、チャネルを公平に共有するかもしれない。これは何らかの定められた方法で、BSS間でMACフレームを交換することによって、なされるかもしれない。これにより、各BSSのトラヒックは、近隣BSSからの干渉の危険が無い状態でチャネルを使用できる。すべてのオーバーラップしているBSSの間で共有が行われるかもしれない。例えば、2つのオーバーラップしたBSSで、1つのAPが偶数番号のMACフレームを、他のAPが奇数番号のMACフレームを用いる。3つのオーバーラップしたBSSでは、共有は3を法とするなどで実行されるかもしれない。代替実施例は方式を共有する任意の形式を展開するかもしれない。BCHのオーバーヘッドメッセージの制御フィールドは、資源共有が可能とされているか、および共有サイクルの形式を示すかもしれない。この例においては、BSS内のすべてのSTAに対するタイミングは適切な共有サイクルに調整する。この例においては、待ち時間はBSSをオーバーラップさせると共に増加するだろう。

【0197】

第4のメカニズムの例はSTA支援の再同期である。2つのBSSが互いを受信しないことは可能であるが、オーバーラップした領域の新しいSTAは両方を受信できる。STAは両BSSのタイミングを決定し、これを両方に報告することができる。さらに、STAはタイムオフセットを決定し、どのAPがどれだけそのフレームタイミングをずらす方が良いかを示す。この情報はAPに接続されたすべてのBSSに伝搬されなければならない。それらはすべて、同期を獲得するためにフレームタイミングを再確立しなければならない。フレーム再同期はBCH内で通知され得る。より感知されないオーバーラップしているBSSを扱うためにアルゴリズムを一般化することができる。

【0198】

手順例を以下に詳述する。これは上で説明した1つ以上のメカニズムで展開されるかもしれない。

【0199】

同期は電源投入時または他の指定された時にAPにより実行されるかもしれない。システムタイミングは、近くのシステムに対するすべてのFAを探索することによって、決定されるかもしれない。同期を容易にするために、1組の直交符号が、異なるAPの弁別を支援するために用いられるかもしれない。例えば、APは各MACフレーム毎にビーコンが繰り返されることを知っている。これらのビーコンはウォルシュ系列 (例えば長さ16) でカバーされるかもしれない。したがって、APまたはSTAなどの装置は、オーバーラップしているBSSを決定するために、ローカルAPのパイロット強度測定 (PSM) を実行するかもしれない。さらに先で詳述するが、APに関連しているアクティブSTAは

同期を支援するためにエコーを送信するかもしれない。このエコーはAPのカバーに対応するタイミングとカバリングを用いるかもしれない。BSSがオーバーラップするが、それらのBSSに対するそれぞれのAPが相互の信号を検出できない場合、STAエコーは近隣のAPによって受信可能であるかもしれない。その結果、そのAP、および近隣のAPが、同期するかもしれない信号に関する情報を提供する。直交カバー符号が異なるFAで再利用されるかもしれないことに注意のこと。

【0200】

ウォルシュカバーの選択は非検出ウォルシュカバーの組に基づいて決定論的になされるかもしれない（すなわち、近隣のAPに検出されないウォルシュカバーを選択する）。すべてのカバーが存在する場合、最も弱い受信信号レベル（RSL）に対応する符号が新しいAPによって再利用されるかもしれない。そうでなければ、一実施例において、APに対する動作点を最大にする符号が選択されるかもしれない（以下に説明する適応型再利用のための構造化された電力バックオフ参照のこと）。

【0201】

この例において、各APによって送信されたフレームカウンタは互いにスタガされる。用いられたスタガはウォルシュカバーインデックスに対応している。したがって、APOはウォルシュ符号Oを用いる。APjはウォルシュカバーjを用いる。また、APOフレームカウンタ=jの時は常にそのフレームカウンタを0にする。

【0202】

電源投入時、または同期が実行される任意の時、APは近隣のAPビーコンおよび／またはSTAエコーを受信しようとする。近隣のシステムを検出しない時、APはそれ自身の時間規準を確立する。これは、任意であり、GPS、またはいずれかの他の現地時間規準に関連することができる。1つのシステムを検出した時、ローカルタイミングはそれに従って、確立される。APが、異なる2以上のシステムが異なる時刻表で動作していることを検出した場合、APは最も強い信号を有するシステムに同期するかもしれない。システムが同じ周波数割当（FA）で動作している場合、APはより弱いAPとの連携を試みて、独立した時計で動作中の他の近くのAPをそれに知らせるかもしれない。新しいAPは、より弱いAPに、両APゾーンを同期させるために必要なタイミングスキューを知らせることを試みる。次に、より弱いゾーンのAPはそのタイミングをスキューするかもしれない。これは複数の近隣のAPに対して繰り返されるかもしれない。新しいAPは2以上のシステムの同期したタイミングで自身のタイミングを確立することができる。いかなる理由であれ、すべての近隣のAPが単一のタイミングに同期することができない状況では、新しいAPは近隣のAPのいずれかに同期するかもしれない。

【0203】

動的周波数選択が電源投入時にAPによって実行されるかもしれない。上に述べたように、DFS選択によるBSSオーバーラップを最小にすること、および同期を必要とするBSSの数を最小にすること、同期に関連するかもしれない遅延またはスループットの抑圧が通常望ましい。（すなわち、1つのFAで全媒体へのアクセスを備えたBSSは、1つ以上の近隣BSSと媒体を共有しなければならないBSSより効率的であるかもしれない）。同期後、新しいAPはそれに関連している最小RSLを有しているFAを選択するかもしれない（すなわち、近隣のAPを測定するとき、またはエコー期間）。定期的に、APはSTAにAPパイロット測定値について質問するかもしれない。同様に、APは、沈黙期間をスケジューリングして、他のゾーン（すなわち近隣BSS）からのSTAによって引き起こされるAPにおける干渉レベルの評価を可能とするかもしれない。RSLレベルが過大である場合、APは、スケジューリングされていない期間、他のFAの検出を試み、および／または以下に述べるようにパワーバックオフ方針を実行するかもしれない。

【0204】

上述したように、APはパイロットカバー符号に従って組織されるかもしれない。各APは、この例では、長さ16のウォルシュ系列カバーを用いるかもしれない。種々の長さの多数の符号が展開されるかもしれない。パイロットカバーは、スーパーフレームの期間

、ビーコンの符号を変調するために用いられる。この例において、スーパーフレームの期間は32 msec (すなわち16の連続したMACフレームビーコン) に等しい。STAは、与えられたAPに関連しているパイロット電力を決定するために、スーパーフレーム区間にわたり、コヒーレントに積分するかもしれない。上のように、APは利用可能な未検出ウォルシュ符号のプールからウォルシュ符号を選択するかもしれない。すべての符号が(同じFAで) 検出された場合、APはこれらを最も強くから最も弱くまで順に並べるかもしれない。APは検出された最も弱いウォルシュ符号に対応するウォルシュ符号を再使用するかもしれない。

【0205】

近隣APの識別を容易にするため、STAはそれぞれのAPを特定するためのエコーを送信するために用いられるかもしれない。したがって、上述したように近隣APを検出しないAPは対応するSTAエコーを検出するかもしれない、その結果、そのAPとそのタイミングを特定する。各APはビーコン内に構成情報を送信するかもしれない。次に、各STAは、タイミングと同様にAP構成情報を任意の受信近隣APに再送するためのリピータとして動作するかもしれない。

【0206】

アクティブなSTAは、同じFAで動作している隣接のAPが、近隣システムの存在を検出できるようにする事前に定められたパターンを、APからのコマンドに応じて、送信するように要求されるかもしれない。これを容易にする簡単な方法は、MACフレーム内に、いかなるトラヒックに対してもAPが用いない観測区間(例えばFCHとRCHセグメントの間)を定めることである。観測区間の期間長は、そのAPに関連しているSTAと近隣APに関連しているSTAの間の最大の伝搬遅延差を扱うことが十分にできる程度の長さで定義されるかもしれない(例えば、160チップまたは2OFDMシンボル)。例えば、ウォルシュカバースymbol jを用いるAPに関連するSTAは、Macフレームカウンタ=0の場合は常に、エコーを送信するかもしれない。エコーは、近隣APが存在を検出し、その隣接APゾーン内のSTAと効率的に共存することができるために必要な情報で符号化される。

【0207】

適応的再利用のための構造化された電力バックオフが展開されるかもしれない。システムが、別のAPの近くで各FAを再利用しなければならない点まで輻輳すると、構造化電力バックオフ方式を強制し、両方のゾーンの端末が最大効率で動作できるようにすることが望ましいかもしれない。輻輳が検出されると、システムの効率を改善するために電力制御を用いることができる。すなわち、常に最大電力で送信する代わりに、APはMACフレームカウンタと同期した構造化電力バックオフを用いるかもしれない。

【0208】

一例として、2つのAPが同じFAで動作していると仮定する。APが一度この状態を検出すると、既知の電力バックオフポリシーを設定するかもしれない。例えば、両方のAPは、MACフレーム0で最大電力 P_{tot} 、MACフレーム1で $P_{\text{tot}}(15/16)$ ・・・MACフレーム15で $P_{\text{tot}}/16$ を許容するバックオフ方式を用いる。APが同期しており、それらのフレームカウンタがスタガしているため、どちらのAPゾーンも同時には最大電力を用いない。各APゾーン内のSTAが、可能な最も大きいスループットで動作することができるバックオフパターンを選択することが目的である。

【0209】

与えられたAPによって用いられるバックオフパターンは検出された干渉の度合いの関数であるかもしれない。この例においては、与えられたAPによって最大16の既知のバックオフパターンが用いられるかもしれない。用いられるバックオフパターンは、BCH内およびAPに関連しているSTAによって送信されたエコー内で、APによって送信されるかもしれない。

【0210】

バックオフ方式の例は本発明の譲受人に譲渡されたWalton他による米国特許番号

6,493,331” Method and apparatus for controlling transmissions of a communication systems” (通信システムの送信を制御するための方法と機器)に詳述されている

既存システムとの相互運用性のための方法の他の実施例を図53に図示する。図15を参照して上で詳述したようなMACフレームの例1500を示す。スロット区間5310が定められているスロットモードが導入される。スロット区間5310は、MIMOパイロット区間5315およびスロットギャップ5320を含む。図示したようにパイロット5315は、EDCAのような規則に従って動作する他の端末(APを含む)による干渉からチャネルを確保するために挿入される。変更されたMACフレーム5330は、媒体の制御を保持するために挿入されたパイロット5315と共にMACフレーム1500を実質的に含む。当業者には明白であるように、図53は単に例示である。スロットモードは、種々の例をここに詳述したMACフレームのいずれかに組み込まれるかもしれない。

【0211】

この例において、例示の目的のために、1.024msecの倍数であるMACフレームを用いる既存802.11システムを仮定する。MACフレームは同期がとれるように2.408msecに設定されるかもしれない。ターゲットビーコン送信時間(TBTT)において、STAのNAVを設定するために、STAを獲得するためのCFP期間長を公表する。ポーリングされない場合、CFPの間、BSSにおけるSTAは送信すべきではない。前に説明したように、選択的に、APはRTSを送出し、STAに、BSSをクリアするための同じCTSをエコーさせるかもしれない。このCTSはすべてのSTAからの同期した送信信号であるかもしれない。この例において、MACフレームが常に2.048msecの境界で始まることを保障することによって、ジッタは除去されるかもしれない。これは、短縮したTBTTによっても隣接/オーバーラップしているBSSの間の時刻同期を保持する。上述したような他の種々の方法は、以下で説明される方法と組み合わせられるかもしれない。媒体が一度修正MACフレーム5300のために、利用可能ないずれかの方法で、確保されると、スロットモードが媒体の占有を保持するために展開され、既存STAがスケジューリングされた送信と干渉することなく、その結果新クラスシステム(すなわち、図15または図53に示すような方式を用いるもの、またはここに詳述する種々の他のもの)のスループット利得が潜在的に低下することがなくなる。

【0212】

この例において、新クラスAPはチャネルを捕捉するためのCSMA規則に支配される。しかし、これに先立ち、ビーコンまたは他のSTAのいずれかを受信しようとするにより、他のBSSの存在を決定する試みをする方がよい。しかし、公正な資源共有を可能にするのに同期は必要ではない。

【0213】

近隣BSSが一度検出されると、新クラスAPはビーコンを送信して、チャネルを捕捉することができる。他のユーザを排斥するために、新クラスAPは他のSTAがチャネルを使用することを防ぐような頻度でパイロットを送信する(すなわちPIFS=25μsecより長いアイドル期間がない)。

【0214】

新クラスAPは、APが、公正であると決定された固定期間の間チャネルを占有することを認めるタイマを設定するかもしれない。これは、既存APのビーコン期間とおおよそ同期しているか、または非同期であるかもしれない(すなわち200msec毎に100msec)。

【0215】

新クラスAPは認められた区間の任意の点でチャネルを捕捉するかもしれない。それは、既存BSSユーザによって遅延され得る。新クラスAPは、利用できるトラヒックがない場合、期限が切れる前にチャネルを放棄するかもしれない。新クラスAPがチャネルを捕捉する場合、公平な期間のために、その使用を制限する。さらに、新クラスAPによって確立されたタイミングは確立されたMACフレームタイミングと一致しているかもしれない。すなわち、新クラスビーコンは新クラスAPクロックの2.048msecの境界

で発生する。このように、新クラスSTAは、HT APがチャネルを捕捉しているかどうかを決定するための、これらの特定の区間を見ることによって、同期を維持するかもしれない。

【0216】

新クラスAPはビーコンでフレームパラメータを通知するかもしれない。フレームパラメータの一部はMACフレーム全体へのパイロット送信の頻度を示すパイロット区間スペースを含むかもしれない。新クラスAPは、STAの送信信号が周期的バーストパイロットとオーバーラップするようにSTAをスケジューリングするかもしれないことに注意のこと。この場合、割当が重なるSTAは、このことを知り、この期間、パイロットを無視する。他のSTAはこのことを知らず、そのため、パイロットが所定の区間に送信されたか否かを実証するための閾値検出器を用いる。

【0217】

APが送信することになっている瞬間にSTAがパイロットを送信するかもしれないこと、またはAPがこの区間にSTAへ偏向されたパイロットを送信しているということは起こりうる。他のSTAがこのパイロットを用い、その結果、それらのチャネル推定を誤ることのないように、APパイロットは共通パイロットのウォルシュカバーに直交したウォルシュカバーを用いるかもしれない。ウォルシュカバーを割当てするための構造が展開されるかもしれない。例えば、STAおよびAPが異なるウォルシュカバーを用いる場合、ウォルシュ空間は $2N$ 個のカバーを含むかもしれない。 N 個のカバーはAP用に確保され、残りは与えられたAPに関連するSTA用に確保され、そのSTAは周知の方法でそれぞれのAPのウォルシュカバーと結合されているカバーを用いる。

【0218】

新クラスAPが割当をSTAへ送信する場合、STAが所定の区間に、APへ送信すると予想している。STAが割当の受信に失敗する場合がある。その場合、チャネルはPIFSより長い区間にわたり、未使用になるかもしれない。これが起こるのを防ぐために、APは、 $t < SIFS$ の間チャネルを感知して、占領されているかどうかを決定するかもしれない。占有されていなければ、APは、それに応じて位相合わせしたパイロットを直ちに送信して、チャネルを捕捉するかもしれない。

【0219】

新クラスチャネル割当はSIFS ($16 \mu sec$) の区間に割り込まれるかもしれない。このように、新クラスの排他的使用の期間中、チャネル占有が既存ユーザを排除しておくことを保証できる。

【0220】

RCHの期間が $16 \mu sec$ を超えるかもしれないため、RCHは相互運用性に対応するように設計されなければならない。与えられた実施例にRCHが容易に対応できない場合、RCHは、新クラスMACがチャネルを制御しない場合、既存モードで動作するように割当てられるかもしれない（すなわち、既存モード内に共存している）。図53に示すように、F-RCHは、パイロット送信に続いて、STAがいつでもアクセス要求信号を送信する（すなわち $4 \mu sec$ 待ち、 $8 \mu sec$ 間送信）ことを許可することによって、対応されるかもしれない。

【0221】

実施例：拡張された802.11 MIMO WLAN

以下で詳述されるのは、追加的態様と同様に上で導入された種々の態様を例示する一実施例である。この例において、MIMOを用いた拡張802.11 WLANが例示される。種々のMACの拡張を、対応するデータおよびMAC層並びに物理層で用いるためのメッセージ構造と同様に詳述する。当業者はWLANの機能の例示的サブセットだけが開示されていることを認識し、ここの教示を種々のシステムとの相互運用性と同様に802.11の既存システムとの相互運用性に容易に適応させるだろう。

【0222】

以下に詳述する実施例は既存802.11a、802.11gのSTAとの相互運用性

、および802.11eの予想される最終標準案との相互運用性を特徴とする。実施例はMIMO OFDM APを含む。これは既存APと区別するためにそのように名づけられる。後方互換性のため、以下に詳述するように、既存STAはMIMO OFDM APと連携することができる。しかし、MIMO OFDM APは既存STAからのアソシエーション要求がもしあれば、それを明確に拒絶するかもしれない。DFS手順は、拒絶されたSTAを、既存の動作（既存APかまたは別のMIMO OFDM APであるかもしれない）をサポートする他のAPに導くかもしれない。

【0223】

MIMO OFDM STAは、802.11aまたは802.11g BSSまたはAPが存在しない独立BSS（IBSS）と連携できる。したがって、そのような動作に対して、そのようなSTAは、802.11a、802.11gおよび802.11eの予想される最終案のすべての強制的な機能を実施するだろう。

【0224】

既存およびMIMO OFDM STAがBSSかIBSSで同じRFチャネルを共有する場合、種々の機能がサポートされる。提案のMIMO OFDM PHYスペクトルマスクは、付加的隣接チャネル干渉が既存STAに導入されないように、現在ある802.11a、802.11gのスペクトルマスクとの互換性を持っている。PLCPヘッダ内（以下に詳述する）の拡張SIGNALフィールドは既存802.11のSIGNALフィールドと後方互換性がある。既存SIGNALフィールドの未使用RATE値は、新しいPPDU形式（以下に詳述する）を定めるように設定される。適応型調整機能（ACF）（以下に詳述する）は既存STAとMIMO OFDM STAとの間で媒体の任意の共有を許可する。802.11e EDCA、802.11e CAPおよびSCAP（以下に導入する）の期間は、APスケジューラが決定するように、任意のビーコン区間に任意に分散される。

【0225】

上述したように、高性能MACはMIMO WLANの物理層によって可能となった高データレートに、効果的な影響を及ぼすことを要求される。このMAC実施例の種々の特性を以下に詳述する。以下はいくつかの特性例である。

【0226】

PHYレートと送信モードの適合により、MIMOチャネルの容量を効果的に利用できる。

【0227】

PHYの低待ち時間サービスは、高スループット（例えばマルチメディア）のアプリケーションの要求事項に取り組むために端対端間の低遅延を提供する。低待ち時間動作は低負荷において競合ベースのMAC手法で得られるかもしれない。または、負荷が重い場合は集中もしくは分散スケジューリングを用いて得られるかもしれない。低待ち時間は多くの利点を提供する。例えば、低待ち時間は物理層データレートを最大にするように高速レート適合ができる。低待ち時間は、ARQを止めることなく、小さいバッファで安価なMAC実施を可能にする。また、低待ち時間はマルチメディアおよび高スループットのアプリケーションに対して端対端間遅延を最小にする。

【0228】

もう一つの特性は高いMAC効率と低い競合オーバーヘッドである。競合ベースのMACにおいては、有効な送信信号で占有される時間は縮小する。一方時間の増加した部分がオーバーヘッド、衝突およびアイドル期間に費やされる。媒体での無駄な時間はスケジューリングにより、および複数のより高い層のパケット（例えばIPデータグラム）を単一のMACフレームへ集約することにより短縮されるかもしれない。また、集約されたフレームはプリアンプルとトレーニングオーバーヘッドを最小にするように形成されるかもしれない。

【0229】

PHYによって動作可能となった高いデータレートにより、簡易化されたQoSの取り

扱いが可能となる。

【0230】

以下に詳述するMAC拡張例は、802.11aおよび802.11gと後方互換性がある方法により上記特性規準を検討するためのものである。さらに、上記の802.11e標準の案に含まれている機能へのサポート、および改良はTXOPおよび直接リンクプロトコル(DLP)および任意のブロック確認応答メカニズムなどの機能を含む。

【0231】

以下の実施例について説明する際に、新しい用語が上で導入された幾つかの概念に対応して用いられる。新しい用語に対する対照を表1に詳述する。

【表1】

表1 用語対照表

従来用語 前までのパラグラフで用いられた用語	対応する新用語 以後のパラグラフで用いられる用語
MUX PDU または MPDU	MAC フレーム
部分的 MPDU	MAC フレームフラグメント
MUX PDU	PPDU
放送チャネルメッセージ(BCH)および 制御チャネルメッセージ(CCH)	SCHED メッセージ
制御チャネルメッセージのサブチャネル	SCHED メッセージの CTRLJ セグメント
TDD MAC フレーム区間	スケジューリングされたアクセス期間
F-TCH(順方向トラヒックチャネル)	スケジューリングされた AP-STA 送信
R-TCH(逆方向トラヒックチャネル)	スケジューリングされた STA-AP または STA-STA 送信
A-TCH(アドホックピアツーピア トラヒックチャネル)	保護された EDCA または MIMO OFDM EDCA
PCCH (ピアツーピア制御チャネル)	PLCP ヘッダ SIGNAL フィールド
RCH	FRACH

【0232】

柔軟性のあるフレーム集合

この一実施例において、柔軟性のあるフレーム集約が容易にされる。図35に1つの集約されたフレームの中に1つ以上のMACフレーム(または、フラグメント)のカプセル化を図示する。フレーム集約は、集約されたフレーム3520内の1つ以上のMACフレーム(またはフラグメント)3510のカプセル化を認める。フレーム集約は以下に詳述するヘッダ圧縮を組み込むかもしれない。集約MACフレーム3520はPSDU3530を形成する。このPSDUは単一のPPDUとして送信されるかもしれない。集約MACフレーム3520は、形式データ、管理または制御のカプセル化したフレーム(またはフラグメント)3510を含むかもしれない。プライバシーが動作中の場合、フレームのペイロードは暗号化されるかもしれない。暗号化されたフレームのMACフレームヘッダは「妨害無し」で送信される。

【0233】

このMACレベルのフレーム集約は、すぐ上で説明したように、ゼロIFSまたはBIFS(さらに先で詳述するバーストフレーム間間隔)のあるフレームを同じ受信STA

へ送信することを可能にする。特定のアプリケーションにおいては、APがゼロIFSのあるフレーム、または集約フレームを複数の受信STAへ送信することを許可することが望ましい。これは以下で検討するSCHEDフレームを用いることにより可能となる。SCHEDフレームは複数のTXOPの開始時刻を定める。APが連続した配置の送信を複数の受信STAに行う場合、プリアンプとIFSは除去されるかもしれない。これを、MACレベルフレーム集約と区別するためにPPDU集約と呼ぶ。

【0234】

集約MACフレーム送信信号（すなわちPPDU）の例は、プリアンプで開始し、それにMIMO OFDM PLCP HEADER（2つのフィールド、SIGNAL 1 および SIGNAL 2 を含むかもしれないSIGNALフィールドを含む）が続き、さらにそれにMIMO OFDMトレーニングシンボルが（もしあれば）続く。PPDUフォーマットの例は、さらに先で図49-52を参照して詳述する。集約MACフレームは、同じ受信STAへ送信されるべき1つ以上のカプセル化したフレームまたはフラグメントを自由度を持って集約する。（以下で詳述するSCHEDメッセージは、APから複数の受信STAへのTXOPの集約を可能にする）。集約されるかもしれないフレームおよびフラグメントの数に制約はない。ネゴシエーションによって確立された集約フレームの最大サイズに対する限界はあるかもしれない。通常、集約フレームの1番目と最後のフレームは、効率的なパッキングのために生成されたフラグメントであるかもしれない。いくつかのカプセル化したデータフレームが集約されたフレームの中に含まれている場合、データおよびQoSデータフレームのMACヘッダは以下に詳述するように圧縮されるかもしれない。

【0235】

送信MACは、柔軟性のあるフレーム集約を用いることによって、PHY並びにPLCPのオーバーヘッド、およびアイドル期間を最小にする試みをするかもしれない。これは、フレーム間隔ならびにPLCPのヘッダを除去するためにフレームを集約すること、およびTXOPにおいて利用可能なスペースを完全に占有するための柔軟性のあるフレームフラグメント化により達成されるかもしれない。一方法例において、MACは、最初に、現在のデータレートおよび割当てられたもしくは競合ベースのTXOPの期間に基づいてPHYに提供されるべきオクテットの個数を計算する。次に、完全でかつフラグメント化したMACフレームは、TXOP全体を占有するためにパックされるかもしれない。

【0236】

完全なフレームをTXOP内の残りのスペースに収容することができない場合、MACは次のフレームをフラグメント化してTXOP内に残っているオクテットを可能な限り占有する。フレームは効率的なパッキングのために任意にフラグメント化されるかもしれない。一実施例において、この任意のフラグメント化は1フレームあたり最大16個のフラグメントに制限される。代替実施例では、この制限は要求されないかもしれない。MACフレームの残りのフラグメントは後続のTXOPで送信されるかもしれない。後続のTXOPにおいて、望まれれば、MACは不完全に送信されたフレームのフラグメントに対して高い優先度を与えるかもしれない。

【0237】

さらに先で説明する集約ヘッダ（この例では2オクテット）は、集約されたフレームに挿入される各カプセル化フレーム（またはフラグメント）のMACヘッダに挿入される。集約ヘッダの長さフィールドは、カプセル化したMACフレームの長さを（オクテットで）示し、集約されたフレームからフレーム（およびフラグメント）を抽出するために受信機によって用いられる。提案したSIGNALフィールド内のPPDUサイズフィールドはMIMO OFDM PPDU送信信号のサイズ（OFDMシンボルの数）を提供する。一方各カプセル化MACフレームの長さ（オクテットで）は集約ヘッダによって示される。

【0238】

カプセル化フレームのヘッダ圧縮

図36にMACヘッダ3680、それに続くフレーム本体3650（オクテットの可変数Nを含むかもしれない）およびフレームチェックシンボル（FCS）3655（この例では4オクテット）を含む既存MACフレーム3600を図示する。この従来技術のMACフレームフォーマットは802.11eで詳述されている。MACヘッダ3660はフレーム制御フィールド3610（2オクテット）、デュレーション／IDフィールド3615（2オクテット）、シーケンス制御フィールド3635（2オクテット）、およびQoS制御フィールド3645（2オクテット）を含む。さらに、4個のアドレスフィールド、アドレス1 3620、アドレス2 3625、アドレス3 3630、およびアドレス4 3640（それぞれ6オクテット）が含まれる。また、これらのアドレスはそれぞれTA、RA、SA、およびDAと呼ばれるかもしれない。TAは送信端末のアドレスである。RAは受信端末のアドレスである。SAは送信元端末のアドレスである。DAは受信先端末のアドレスである。

【0239】

いくつかのカプセル化データフレームが集約フレーム内に含まれている場合、データおよびQoSのデータフレームのMACヘッダは圧縮されるかもしれない。QoSデータフレームに対する圧縮されたMACヘッダの例を図37-39に示す。FCSが圧縮されたMACヘッダおよび（暗号化されるか、または暗号化されない）ペイロードに関して計算されることに注意のこと。

【0240】

図37-39に示されるように、フレームがMIMOデータPPDU（タイプ0000）を用いて送信される場合、集約ヘッダフィールドは、MACフレーム3600のMACヘッダ3660に導入され、カプセル化したMACフレーム、すなわち、それぞれ3705、3805、または3905を生成する。集約ヘッダフィールドを含むMACヘッダは拡張MACヘッダ（すなわち3700、3800、または3900）と呼ばれる。1つ以上のカプセル化の管理、制御および／またはデータフレーム（QoSデータを含む）は集約MACフレーム内に集約されるかもしれない。データプライバシーを使用中の場合、データまたはQoSデータフレームのペイロードは暗号化されるかもしれない。

【0241】

集合ヘッダ3710は集約フレーム（それぞれ3705、3805、または3905）に挿入された各フレーム（またはフラグメント）に挿入される。ヘッダ圧縮は、以下に詳述する集合ヘッダタイプフィールドによって示される。データおよびQoSデータフレームのフレームヘッダは冗長なフィールドを除去するために圧縮されるかもしれない。図37に図示した集約フレーム3705は、4個のすべてのアドレスおよびデュレーションフィールドを含む非圧縮フレームを例示する。

【0242】

非圧縮集約フレームが送信された後には、付加的集約フレームは送信および受信端末アドレスを特定する必要はない。それらが同一であるためである。したがって、アドレス1、3620とアドレス2、3625は省略されるかもしれない。デュレーション／IDフィールド3615は集約フレーム内の後続フレーム用に含められる必要はない。デュレーションはNAVを設定するために用いられるかもしれない。デュレーション／IDフィールドは状況に基づいて過負荷となる。ポーリングメッセージにおいては、デュレーション／IDフィールドはアクセスID（AID）を含む。その他のメッセージにおいては、同じフィールドはNAVを設定するためのデュレーションを指定する。対応するフレーム3805を図38に例示する。

【0243】

送信元アドレスおよび受信先端末のアドレスが二重の情報を含んでいる場合、さらなる圧縮が利用可能となる。この場合、アドレス3、3630とアドレス4、3640は取り除かれるかもしれず、その結果、図39に示すフレーム3905となる。

【0244】

フィールドが取り除かれる場合、復元のために受信機は、先行ヘッダ（復元後の）から

の対応するフィールドを集約フレーム内に挿入するかもしれない。この例では、集約フレームにおける最初のフレームは常に復元ヘッダを使用する。ペイロードの解読はヘッダ圧縮のために取り除かれているかもしれないMACヘッダからいくつかのフィールドを必要とするかもしれない。フレームヘッダの復元の後、これらのフィールドは解読エンジンが利用可能となるかもしれない。長さフィールドは受信機によって用いられ、集約フレームからフレーム（およびフラグメント）を抽出する。長さフィールドは圧縮されたヘッダ付のフレームの長さを（オクテットで）示す。

【0245】

抽出後に、集約ヘッダフィールドが取り除かれる。次に、復元されたフレームは解読エンジンに送られる。（復元された）MACヘッダ中のフィールドは、解読の間、メッセージの保全確認のために必要であるかもしれない。

【0246】

図4 0 に集約ヘッダの例3 7 1 0 を例示する。集約ヘッダフィールドはMIMOデータPPDUで送信される1つ以上のフレーム（暗号化、または非暗号化された）のための各フレーム（またはフラグメント）ヘッダに加えられる。集約ヘッダは、（ヘッダ圧縮が採用されているか否か、またどの形式かを示すための）2ビットの集約ヘッダ形式フィールド4 0 1 0 および1 2 ビットの長さフィールドを含む。形式0 0 フレームはヘッダ圧縮を用いない。形式0 1 フレームは、デュレーション/ID、アドレス1、およびアドレス2フィールドを取り除く。形式1 0 フレームは、形式0 1 フレームと同様の取り除かれたフィールドがあり、さらにアドレス3とアドレス4フィールドも取り除く。集約ヘッダ内の長さのフィールド4 0 3 0 は、オクテットで表した圧縮されたヘッダを持つフレーム長を示す。2ビット4 0 2 0 は確保されている。集約ヘッダ形式を表2にまとめる。

【表2】

表2 集約ヘッダ形式

ビット0	ビット1	意味
0	0	非圧縮
0	1	デュレーション/ID、アドレス1およびアドレス2のフィールドを除去
1	0	デュレーション/ID、アドレス1、アドレス2、アドレス3およびアドレス4のフィールドを除去
1	1	確保

【0247】

この一実施例において、集約フレーム内のカプセル化したすべての管理および制御フレームは集約ヘッダ形式0 0 を持つ非圧縮フレームヘッダを用いる。以下の管理フレームは集約フレームのデータフレームと共にカプセル化されるかもしれない。すなわち、アソシエーション要求、アソシエーション応答、リアソシエーション要求、リアソシエーション応答、プローブ要求、プローブ応答、ディスアソシエーション、認証、および認証解除。以下の制御フレームは集約フレームのデータフレームと共にカプセル化されるかもしれない：すなわちBlockAckおよびBlockAckRequest。代替実施例において、任意の形式のフレームがカプセル化されるかもしれない。

【0248】

適応型調整機能

適応型調整機能（ACF）はHCCAおよびEDCAの拡張であり、MIMO PHYによって動作可能とされた高データレートでの動作に適した柔軟性、高能率、低待ち時間のスケジューリングされた動作を可能とするものである。図4 1 にACFで使用するため

のスケジューリングされたアクセス期間フレーム (SCAP) の一実施例を例示する。SCHEDメッセージ4120を用いて、APは、同時に1つ以上のAP-STA、STA-APまたはSTA-STAのTXOPを、スケジューリングされたアクセス期間として知られる期間4130にわたりスケジューリングする。これらのスケジューリングされた送信信号はスケジューリングされた送信信号4140として特定される。SCHEDメッセージ4120は上で詳述した既存HCCAポーリングの代替である。一実施例において、SCAPの最大許容値は4 msecである。

【0249】

スケジューリングされた送信信号4140の例を図41に例示として示す。この例では、APからSTAへの送信信号4142、STAからAPへの送信信号4144、およびSTAからSTAへの送信信号4146を含んでいる。この例において、APはSTA Bへ、4142A、ついでSTA Dへ、4142B、次にSTA Gへ、4142Cを送信する。送信元 (AP) は各送信信号に関して同一であるため、ギャップがこれらのTXOPの間に導入される必要はないことに注意のこと。ギャップは、送信元が変化した場合、TXOPの間に示される。(ギャップスペースの例はさらに先で詳述される。) この例示において、APからSTAへの送信信号4142の後、STA CはAPへ送信し4144A、次にギャップの後、SAT GはAPへ送信し4144B、さらにつぎにギャップの後、STA EはAP 4144Cへ送信する。次に、ピアツーピアTXOP 4146がスケジューリングされる。この場合、STA Eが送信元 (STA Fへ送信する) として残るため、STA Eの送信電力に変化がない場合は、ギャップが導入される必要はなく、そうでなければBIFSギャップが用いられるかもしれない。追加のSTA-STA送信は、スケジューリングされるかもしれないが、この例には示されていない。任意のTXOPの組み合わせが、任意の順序でスケジューリングされるかもしれない。示されたTXOP形式の順序は慣習的な例のみである。ギャップの必要数を最小にするようにTXOPをスケジューリングすることが望ましいかもしれないが、それは強制的ではない。

【0250】

また、スケジューリングされたアクセス期間4130は、高速ランダムアクセスチャネル (FRACH) 送信 (そこでSTAが割当要求をするかもしれない) に与えられたFRACH期間4150および/またはMIMO STAがEDCA手順を用いるかもしれないMIMO OFDM EDCA 4160の期間を含むかもしれない。これらの競合ベースのアクセス期間はSCAPに対するNAV設定によって保護される。MIMO OFDM EDCA 4160の期間、MIMO STAは、既存STAを競合する必要なしに媒体にアクセスするためにEDCA手順を用いる。どちらかの保護された競合期間の送信はMIMO PLCPヘッダ (さらに先で詳述される) を用いる。この実施例において、APは、保護された競合期間にTXOPスケジューリングを提供しない。

【0251】

MIMO STAだけが存在する場合、SCAPに対するNAVはSCHEDフレーム内のデュレーションフィールドにより設定されるかもしれない (SCHEDフレームについてさらに先で詳述する)。選択的に、既存STAからの保護が望まれている場合、APは、BSSのすべてのSTAにおけるSCAPに対してNAVを確立するために、CTS-to-self (自己へのCTS) 4110をSCHEDフレーム4120に先行させるかもしれない。

【0252】

この実施例において、MIMO STAはSCAPの境界に従う。SCAP内で送信する最後のSTAは、SCAPが終わる前の少なくともPIFS期間にそのTXOPを終了させなければならない。MIMO STAは、また、スケジューリングされたTXOPの境界に従い、割当てられたTXOPが終わる前にその送信を完了させる。これにより、後続のスケジューリングされたSTAは、チャネルがアイドル状態であることを検知することなく、そのTXOPを開始できる。

【0253】

SCHEMメッセージ4120はスケジューリングを定める。TXOP (AP-STA、STA-AP、および/または、STA-STA) の割当はSCHEMフレーム内のCTRL J要素(図45の4515-4530、以下で詳述する)に含まれる。SCHEMメッセージは、もしあればFRACH4150に専用のSCAP4100の部分、および、もしあればEDCA動作4160に対する保護された部分を定めるかもしれない。スケジューリングされたTXOP割当がSCHEMフレーム内に含まれていない場合、SCAP全体は、SCAPに対するNAV設定によって既存STAから保護されたEDCA送信(任意のFRACHを含む)のために排除される。

【0254】

SCAPの間に許可された、スケジューリングされた、または競合ベースのTXOPの最大長はACFの能力要素で示されるかもしれない。この実施例において、ビーコン区間の間、SCAPの長さは変化しない。その長さはACF能力要素で示されるかもしれない。ACF要素の例はSCAP長さ(10ビット)、最大のSCAP TXOP長さ(10ビット)、ガードIFS (GIFS) 期間長(4ビット)、およびFRACH RESPONSE (4ビット)を含む。SCAP長さは現在のビーコン区間に対する、SCAPの長さを示す。そのフィールドは4 μ sec単位で符号化される。最大のSCAP TXOP長さはSCAPの間の最大の許容TXOP長を示す。そのフィールドは4 μ sec単位で符号化される。GIFS期間長は連続するスケジューリングされたSTA TXOPのガード区間である。そのフィールドは800 nsec単位で符号化される。FRACH RESPONSEはSCAP単位で示される。APは、FRACH RESPONSE SCAP内のスケジューリングされたTXOPをSTAに提供することによって、FRACH PPDUを用いて受信した要求に回答しなければならない。

【0255】

図42に、SCAPが、どのようにHCCAおよびEDCAに関連して用いられるかもしれないかに関する例を示す。いずれのビーコン区間(ビーコン4210A-Cと共に例示)においても、APは、EDCA競合ベースのアクセスの期間に、801.11e CAPおよびMIMO OFDM SCAPを適応的に割り込ませる完全な自由度を有している。

【0256】

したがって、APは、ACFを用いて、HCCAにおけるように、しかしSCAP用の期間を割当てする付加的能力を持って動作するかもしれない。例えば、APは、PCFにおけるようにCFPおよびCPを用いるかもしれないし、HCCAにおけるようにポーリングされた動作用にCAPを割当てするか、またはスケジューリングされた動作用にSCAPを割当てするかもしれない。図42に示すように、ビーコン区間内に、APは、競合ベースのアクセス(EDCA)期間4220A-F、CAP期間4230A-F、およびSCAP期間4100A-Iの任意の組合せを用いるかもしれない。(図42の例は、簡単のために、CFPを示していない。) APはスケジューリングアルゴリズムおよびその媒体占有状態の観測に基づく種々の形式のアクセスメカニズムにより、占有されている媒体の割合を適応させる。任意のスケジューリング方法が展開されるかもしれない。APは、受け入れたQoSフローが満足されているかどうかを決定し、適応のために媒体の測定された占有状態を含む他の観測値を用いるかもしれない。

【0257】

HCCAおよび関連CAPは上で説明された。例示的なCAPの例4230を図42に示す。ポーリング信号4234AがAP TXOP 4232に続く。HCCA TXOP 4236Aがポーリング信号4234Aに続く。別のポーリング信号4234Bが送信され、別のHCCA TXOP 4236Bが続く。

【0258】

EDCAは上で説明された。例示的なEDCAの例4220を図42に示す。種々のEDCA TXOP 4222A-Cを示す。CFPはこの例で省略される。

【0259】

図4 2に示すように、SCAP 4 1 0 0は、選択的な自己へのCTS 4 1 1 0、SCH ED 4 1 2 0、およびスケジューリングされたアクセス期間 4 1 3 0を含み、図4 1で詳述したフォーマットのものであるかもしれない。

【0260】

APは、以下のような802. 11のDTIM、配信トラヒック表示メッセージを用いてスケジューリングされた動作を表示する。DTIMは、BSS内のAPまたは別のSTAがバックログデータを有しているアクセスID (AID) のビットマップを含む。DTIMを用いて、ビーコンに続いて、すべてのMIMO可能なSTAがアウェイク状態にとどまるように合図される。既存およびMIMO STAの双方が存在するBSSにおいて、ビーコンの直後に既存STAが最初にスケジューリングされる。既存送信信号の直後、スケジューリングされたアクセス期間の構成を表示するSCHEDメッセージが送信される。特定のスケジューリングされたアクセス期間にスケジューリングされないMIMO可能なSTAは、SCAPの残余に対してスリープ状態にあり、後続のSCHEDメッセージを受信しようとしてアウェイク状態になるかもしれない。

【0261】

他の種々の動作モードはACFで可能にされる。図4 3に、各ビーコン区間が競合ベースのアクセス期間 4 2 2 0で分散させた多くのSCAP 4 1 0 0を含む動作例を示す。このモードは、MIMO非QoSフローがもしあれば既存STAと共に競合期間を用いる一方で、MIMO QoSフローはSCAPの期間中にスケジューリングされるような、媒体の「公正な」共有を可能にする。分散された期間によりMIMOおよび既存STAのための低待ち時間サービスが可能となる。

【0262】

上述したように、SCAP内のSCHEDメッセージは既存STAからの保護のために自己へのCTSによって先行されるかもしれない。既存STAが存在しない場合、自己へのCTS (または、他の既存の終話信号) は必要ではない。ビーコン 4 2 1 0は、現れる既存STAからすべてのSCAPを保護するために長いCFPを設定するかもしれない。ビーコン区間の終わりのCPは新たに現れる既存STAが媒体にアクセスすることを可能とする。

【0263】

多くのMIMO STAとの最適化された低待ち時間動作は、図4 4に示す動作例を用いることで可能になるかもしれない。この例において、仮定は既存STAがもし存在すれば、限られた資源だけを要求するということである。長いCFP 4 4 1 0と短いCP 4 4 2 0を確立して、APはビーコンを送信する。ビーコン 4 2 1 0のあとに、既存STAに対する放送/マルチキャストメッセージが続く。次に、SCAP 4 1 0 0は連続するようにスケジューリングされる。また、この動作モードは、STAがSCHEDメッセージを受信するために定期的にアウェイク状態になる必要があり、現在のSCAP内にスケジューリングされていない場合SCAP区間の間スリープ状態にあるかもしれないため、最適化された電力管理を提供する。

【0264】

MIMO STAのための保護された競合ベースのアクセスは、SCAP 4 1 0 0のスケジューリングされたアクセス期間 4 1 3 0に含まれるFRACHまたはMIMO EDCAを通して提供される。既存STAはCP 4 4 2 0の間に、媒体への競合ベースのアクセスを獲得するかもしれない。

【0265】

APからのスケジューリングされた連続した送信信号はSCHEDフレームの送信信号にすぐに続いてスケジューリングされるかもしれない。SCHEDフレームはプリアンブル付で送信されるかもしれない。その後のスケジューリングされたAP送信信号はプリアンブルなしで送信されるかもしれない (プリアンブルが含まれているか否かの標識が送られるかもしれない)。PLCPプリアンブルの例をさらに先で詳述する。スケジューリングされたSTA送信は実施例においてプリアンブルで始まるだろう。

【0266】

誤り回復

SCHEDの受信誤りからの回復のためにAPは種々の手順を用いるかもしれない。例えば、STAがSCHEDメッセージを復号できない場合、TXOPを利用することはできないだろう。スケジューリングされたTXOPが割当てられた開始時刻に始まらない場合、APは、未使用のスケジューリングされたTXOPの開始後の1 P I F Sにおいて送信することによって、回復を開始するかもしれない。APは未使用のスケジューリングされたTXOPの期間をCAPとして用いるかもしれない。CAPの間、APは1つ以上のSTAに送信するか、またはSTAをポーリングするかもしれない。このポーリング信号はスケジューリングされたTXOPを見逃したSTAまたは別のSTA向けかもしれない。CAPは次のスケジューリングされたTXOPに先立って終了する。

【0267】

スケジューリングされたTXOPが早く終了する場合、やはり同じ手順が用いられるかもしれない。APは、スケジューリングされたTXOPの最終送信信号の終了後の1 P I F Sにおいて送信することによって、回復を開始するかもしれない。上述したように、APは未使用のスケジューリングされたTXOPの期間をCAPとして用いるかもしれない。

【0268】

保護された競合

上述したように、SCAPはFRACH送信信号に専用の部分、および／または、MIMO STAがEDCA手順を用いるかもしれない部分を含むかもしれない。これらの競合ベースのアクセス期間はSCAPに対するNAV設定によって保護されるかもしれない。

【0269】

保護された競合は、スケジューリングにおけるAP支援用にTXOP要求を表示することをSTAに許可することによって、低待ち時間のスケジューリングされた動作を完全なものとする。保護されたEDCA期間に、MIMO OFDM STAはEDCAベースのアクセスを用いてフレームを送信するかもしれない（既存STAとの競合から保護される）。既存方法を用いて、STAは、TXOP期間要求またはMACヘッダ内の802.11e QoS制御フィールド内のバッファ状態を示すかもしれない。しかし、FRACHは同じ機能を提供する一層効率的な手段である。FRACHの期間、STAは、固定サイズFRACHスロット内のチャネルにアクセスするために、スロット付Alohaに類似した競合を用いるかもしれない。FRACH PPDUはTXOP期間要求を含むかもしれない。

【0270】

一実施例において、MIMOフレーム送信は以下に詳述したMIMO PLCPヘッダを使用する。既存802.11b、802.11a、および802.11g STAはMIMO PLCPヘッダ（図50を参照して以下に詳述する）のSIGNAL1フィールドのみ復号できるため、非MIMO STAが存在する場合にはMIMOフレームは保護付で送信されなければならない。既存およびMIMO STAの両方が存在する場合、EDCAアクセス手順を用いるSTAは保護のために既存RTS/CTS系列を用いるかもしれない。既存RTS/CTSは、既存プリアンプル、PLCPヘッダ、およびMACフレームフォーマットを用いるRTS/CTSの送信信号のことを言う。

【0271】

MIMO送信は802.11e HCCAに提供された保護メカニズムを利用するかもしれない。したがって、APからSTAへの送信信号、STAからAPへのポーリングされた送信信号、またはSTAから別のSTA（直接リンクプロトコルを用いている）へのポーリングされた送信信号は、制御されたアクセス期間（CAP）を用いて保護されるかもしれない。

【0272】

APは、MIMOのスケジューリングされたアクセス期間(SCAP)を既存STAから保護するために既存のスケジューリングされたアクセス期間を用いるかもしれない。

【0273】

APは、BSSに存在するすべてのSTAがMIMO PLCPヘッダを復号することができることが分かると、これをビーコンのMIMO能力要素内に表示する。これをMIMO BSSと呼ぶ。

【0274】

MIMO BSSにおいて、EDCAおよびHCCA双方の下では、フレーム送信は、MIMO PLCPヘッダおよびMIMO OFDMトレーニングシンボルエージング則に従うMIMO OFDMトレーニングシンボルを用いる。MIMO BSSでの送信はMIMO PLCPを用いる。

【0275】

縮減フレーム間間隔

一般的にフレーム間間隔を縮減する種々の方法は上で詳述した。ここでは、本実施例におけるフレーム間間隔縮減に関するいくつかの例を例示する。スケジューリングされた送信について、TXOPの開始時刻はSCHEDメッセージ内で示される。送信STAは、媒体がアイドル状態あることを決定することなく、SCHEDメッセージに示された正確な開始時刻にスケジューリングされたTXOPを開始するかもしれない。上述したように、SCAPの間のスケジューリングされた連続したAP送信信号は最小のIFSなしで送信される。

【0276】

一実施例において、スケジューリングされた連続したSTA送信(異なるSTAからの)は、少なくともガードIFS(GIFS)のIFSと共に送信される。GIFSのデフォルト値は800nsecである。より大きい値として、次に定義するバーストIFS(BIFS)の値までが選ばれるかもしれない。GIFSは上述したACF能力要素に示されるかもしれない。代替実施例はGIFSおよびBIFSに任意の値を用いるかもしれない。

【0277】

同一のSTAからの連続したMIMO OFDM PPDU送信信号(TXOPバースト)はBIFSによって分割される。2.4GHz帯で動作する場合、BIFSは10μsecに等しい。また、MIMO OFDM PPDUは6μsecのOFDM信号拡張を含まない。5GHz帯で動作する場合、BIFSは10μsecである。代替実施例において、BIFSは0を含み、より小さい、または、より大きい値に設定されるかもしれない。受信STA自動利得制御(AGC)が送信信号を切り換えることができるように、送信STAの電力が変化したとき、0より大きいギャップが用いられるかもしれない。

【0278】

受信STAから即時応答を要求するフレームは、MIMO OFDM PPDUを用いては送信されない。代わりに、それらは、基本的な既存PPDU、すなわち2.4GHz帯における第19節または5GHz帯における第17節を用いて送信される。媒体の上で既存およびMIMO OFDM PPDUを多重化する方法のいくつかの例を以下に示す。

【0279】

最初に、MIMO OFDM PPDUバーストが後に続く既存RTS/CTSを考える。送信系列は以下の通りである：既存RTS-SIFS-既存CTS-SIFS-MIMO OFDM PPDU-BIFS-MIMO OFDM PPDU。2.4GHzにおいて、既存RTSまたはCTS PPDUはOFDM信号拡張を用いる。SIFSは10μsecである。5GHzにおいては、OFDM拡張はないが、SIFSは16μsecである。

【0280】

2番目に、MIMO OFDM PPDUを用いるEDCA TXOPを考える。送信

系列は以下の通りである：MIMO OFDM PPDU-BIFS-既存BlockAckRequest-SIFS-ACK。EDCA TXOPは、適切なアクセスクラス（AC）に対するEDCA手順を用いて獲得される。上に詳述したように、EDCAは、AC毎に、AIFS [AC]、CWmin [AC]、およびCWmax [AC] のような異なるパラメータを用いるかもしれないアクセスクラスを定義する。既存BlockAckRequestは信号拡張または16 μ secのSIFSのいずれかで送信される。BlockAckRequestがMIMO OFDM PPDU内の集約フレームで送られる場合、ACKはない。

【0281】

3番目に、スケジューリングされた連続したTXOPを考える。送信系列は以下の通りである：STA A MIMO OFDM PPDU-GIFS-STA B MIMO OFDM PPDU。PPDU送信信号が、割当てられた最大許容TXOP時間より短い場合、STA A MIMO OFDM PPDUの送信信号の後にアイドル期間があるかもしれない。

【0282】

上述したように、符号化されたOFDM送信信号の復号および復調は、受信STAにおいて追加処理要求を強制する。これに対応するために802.11aおよび802.11gは、受信STAに対し、ACKを送信しなければならない時より前に、追加時間を認める。802.11aにおいて、SIFS時間は16 μ secに設定される。802.11gにおいて、SIFS時間は、10 μ secに設定されるが、追加の6 μ secのOFDM信号拡張が導入される。

【0283】

MIMO OFDM送信信号の復号と復調がさらに多くの処理負担を課すかもしれないため、同じ論理により、実施例はSIFSまたはOFDM信号拡張を増加させるように設計され、その結果効率が一層減少するかもしれない。実施例において、802.11eのブロックACKおよび遅延ブロックACKを拡張することにより、すべてのMIMO OFDM送信信号に対する即時ACKの要求は除去される。SIFSの増加または信号拡張をせず、信号拡張が除去され、多くの状況に対して連続した送信信号の間の所要フレーム間間隔が縮小されまたは除去され、結果としてより高い効率となる。

【0284】

SCHEDメッセージ

図45に、図41を参照して導入し、さらに先で詳述するSCHEDメッセージを例示する。SCHEDメッセージ4120は、スケジューリングされたアクセス期間（SCAP）の期間に、1つ以上のAP-STA、STA-AP、およびSTA-STA TXOPを割当てる複数のポーリングメッセージである。SCHEDメッセージを用いて、ポーリングおよび競合オーバーヘッドを抑え、また不要IFSを除去できる。

【0285】

SCHEDメッセージ4120はSCAPのためのスケジューリングを定める。SCHEDメッセージ4120はMACヘッダ4510を含む（実施例では15オクテット）。一実施例において、各CTRL0、CTRL1、CTRL2、およびCTRL3セグメント（ここでは、セグメント4515-4530をそれぞれ例示するためにJを0から3として、CTRLJと総称する）は、可変長であって、6、12、18、および24Mbpsでそれぞれ送信されるかもしれない。

【0286】

MACヘッダ4510の例は、フレーム制御4535（2オクテット）、デュレーション4540（2オクテット）、BSSID4545（6オクテット）、電力管理4550（2オクテット）、およびMAP4555（3オクテット）を含む。デュレーションフィールド4540のビット13-0はマイクロ秒でSCAPの長さを指定する。デュレーションフィールド4540は、MIMO OFDM送信ができるSTAによって用いられ、SCAPの期間に対するNAVを設定する。既存STAがBSS中に存在する場合

、APはSCAPを保護するために、例えば既存の自己へのCTSのような他の手段を用いるかもしれない。一実施例において、SCAPの最大値は4 m s e cである。BSS IDフィールド4545はAPを特定する。

【0287】

図46に電力管理フィールド4550を示す。電力管理4550は、SCHEDカウンタ4610、確保されたフィールド4620（2ビット）、送信電力4630、および受信電力4640を含む。AP送信電力およびAP受信電力は電力管理フィールドで表示される通りであり、STA受信電力レベルはSTAにおいて測定される。

【0288】

SCHEDカウンタは、各SCHED送信（本例では6ビット）において加算されるフィールドである。そのSCHEDカウンタは各ビーコン送信においてリセットされる。SCHEDカウンタは種々の目的に用いられるかもしれない。一例として、SCHEDカウンタを用いた節電機能を以下に説明する。

【0289】

送信電力フィールド4630はAPが用いている送信電力レベルを表す。一実施例において、4ビットのフィールドは以下の通り符号化される。その値は、送信電力レベルが、ビーコンの情報要素に示されるそのチャネルに対する最大送信電力レベル（dBmで表す）よりどれだけ低いかを4 dBステップ数で表わした値である。

【0290】

受信電力フィールド4640は、APで予想される受信電力レベルを表す。一実施例において、4ビットフィールドは以下のように符号化される。その値は、受信電力レベルが、最小受信機感度レベル（-82 dBm）よりどれだけ高いかを4 dBステップ数を表した値である。STAの受信電力レベルに基づいて、STAは以下のようにその送信電力レベルを計算するかもしれない。STAの送信電力（dBm）= APの送信電力（dBm）+ APの受信電力（dBm）- STAの受信電力（dBm）。

【0291】

一実施例において、スケジューリングされたSTA-STA送信の間、制御セグメントはAPおよび受信STA双方で復号されるかもしれない電力レベルで送信される。APからの電源制御レポートまたはSCHEDフレームの電力管理フィールド4550により、STAが必要な送信電力レベルを決定することができ、制御セグメントはAPで復号されるかもしれない。この一般的な態様は上で図22を参照して詳述した。スケジューリングされたSTA-STA送信に対して、APで復号するに要する電力が受信STAで復号するに要する電力と異なる場合、PPDUは2つの電力レベルの高い方のレベルで送信される。

【0292】

図47に示すMAPフィールド4555は、SCAPの間、保護された競合ベースのアクセス期間の存在と期間長を指定する。MAPフィールド4555は、FRACHカウンタ4710、FRACHオフセット4720、およびEDCAオフセット4730を含む。FRACHカウンタの例4710（4ビット）は、FRACHオフセット4720（10ビット）で開始するスケジューリングされたFRACHスロットの数である。各FRACHスロットは28 μ s e cである。FRACHカウンタ値が‘0’であることは、現在のスケジューリングされたアクセス期間にはFRACH期間がないことを示している。EDCAオフセット4730は保護されたEDCA期間の開始である。EDCAオフセットの例4730は10ビットである。FRACHオフセット4720およびEDCAオフセット4730はSCHEDフレーム送信の開始から始まり4 μ s e c単位である。

【0293】

図51を参照してさらに先で詳述するように、SCHEDメッセージ4120は特別なSCHED PPDU5100（形式0010）として送られる。SCHEDメッセージ4120内の存在の有無およびCTRL0 4515、CTRL1 4520、CTRL2 4525、並びにCTRL3 4530セグメントの長さはSCHED PPDU5

100のPLCPヘッダのSIGNALフィールド(5120および5140)で示される。

【0294】

図48にTXOPの割当のためのSCHED制御フレームを例示する。CTRL0 4515、CTRL1 4520、CTRL2 4525、およびCTRL3 4530セグメントの各々が可変長のものであり、かつ各々がゼロ以上の割当要素(それぞれ4820、4840、4860、および4880)を含む。16ビットのFCS(それぞれ4830、4850、4870、並びに4890)および6テールビット(図示しない)がCTRLJセグメント毎に加えられる。CTRL0セグメント4515に対して、FCSがMACヘッダ4510およびCTRL0割当要素4820にわたって計算される(したがって、MACヘッダを図48のCTRL0 4515に前置きして示す)。一実施例において、CTRL0 4515のためのFCS 4830は、割当要素がCTRL0セグメントに含まれない場合でも、含まれる。

【0295】

ここに詳述するように、APは、SCHEDフレーム内でAP-STA、STA-AP、およびSTA-STA送信に対する割当を送信する。異なるSTAへの割当要素は、その送信信号のPLCPヘッダのSCHEDレートフィールド内にSTAによって示されるように、CTRLJセグメントで送信される。CTRL0からCTRL3は、ロバスト性が減少することに対応していることに注意のこと。各STAはSCHED PPDUのPLCPヘッダの復号を開始する。SIGNALフィールドは、SCHED PPDU内のCTRL0、CTRL1、CTRL2、およびCTRL3セグメントの存在と長さを示す。STA受信機は、各割当要素をFCSまで復号しながら、MACヘッダおよびCTRL0セグメントの復号を始める。受信機はCTRL1、CTRL2、およびCTRL3と次々に復号し、FCSを確認できないCTRLJセグメントで終了する。

【0296】

表3に示すように、5つの形式の割当要素を定義する。多くの割当要素はそれぞれのCTRLJセグメント内に組み込まれるかもしれない。各割当要素は、送信STAアクセスID(AID)、受信STA AID、スケジューリングされたTXOPの開始時刻、およびスケジューリングされたTXOPの最大許容長さを指定する。

【表3】

表 3 割当要素形式

形式 (3 ビット)	割当要素形式	フィールド (ビットで表わした長さ)		ビットで表わした 全体の長さ
000	シンプレックス AP-STA	プリアンプルの有無 AID 開始オフセット TXOP 期間長	(1) (16) (10) (10)	40
001	シンプレックス STA-AP	AID 開始オフセット TXOP 期間長	(16) (10) (10)	39
010	デュプレックス AP-STA	プリアンプルの有無 AID AP 開始オフセット AP TXOP 期間長 STA 開始オフセット STA TXOP 期間長	(1) (16) (10) (10) (10) (10)	60
011	シンプレックス STA-STA	送信 AID 受信 AID 開始オフセット 最大 PPDU サイズ	(16) (16) (10) (10)	55
100	デュプレックス STA-STA	AID1 AID2 STA1 開始オフセット STA1 最大 PPDU サイズ STA2 開始オフセット STA2 最大 PPDU サイズ	(16) (16) (10) (10) (10) (10)	75

【0297】

プリアンプルはAPからの連続した送信信号においては除去されるかもしれない。スケジューリングされたAP送信信号のためのプリアンプルをAPが送信しない場合、プリアンプル存在ビットは、0に設定される。プリアンプル除去の利点の例は、APが狭帯域の場合、例えば多くのボイスオーバーIP（VoIP）フローのあるBSS内のいくつかのSTAへの低待ち時間フローである。したがって、SCHEDフレームは、APからいくつかの受信STA（すなわち上述したPPDU集約）への送信信号の集約を可能にする。上で定めたフレーム集約は1つの受信STAへのフレームの集約を可能とする。

【0298】

スタートオフセットフィールドは、SCHEDメッセージプリアンプルの開始時刻を規準にして、 $4\mu\text{sec}$ の倍数である。AIDは割当てられたSTAのアクセスIDである。

【0299】

スケジューリングされたSTA-STA送信以外のすべての割当要素形式に対して、TXOPデュレーションフィールドは、 $4\mu\text{sec}$ の倍数となる、スケジューリングされたTXOPの最大許容長さである。送信されたPPDUの実際のPPDUサイズはPPDU（さらに先で詳述する）のSIGNAL1フィールドで表示される。

【0300】

スケジューリングされたSTA-STA送信信号(割当要素形式011および100)に対して、最大PPDUサイズフィールドは、やはり、 $4\mu\text{sec}$ の倍数となる、スケジューリングされたTXOPの最大許容長さであるが、付加的ルールが適用されるかもしれない。一実施例において、スケジューリングされたSTA-STA送信に対して、TXOPは1PPDUしか含まない。受信STAは、PPDUのOFDMシンボルの数を決定するために割当要素で示される最大PPDUサイズを用いる。(図51を参照して以下に詳述するように、PPDUサイズフィールドは、SIGNAL1の要求フィールドで置き換えられるからである)。STA-STAフローが標準のガード区間(GI)を備えたOFDMシンボルを用いる場合、受信STAは、スケジューリングされたTXOPのためのPPDUサイズを、割当要素に示された最大PPDUサイズに設定する。STA-STAフローが短縮されたGIを備えたOFDMシンボルを用いる場合、受信STAは、 $10/9$ の係数で最大PPDUサイズフィールドを拡大し、切り捨てを行うことにより、PPDUサイズを決定する。送信STAは割当てられた最大PPDUサイズより短いPPDUを送信するかもしれない。PPDUサイズは集約されたMACフレームの長さを受信機に提供しない。カプセル化したフレームの長さは各MACフレームの集約ヘッダに含まれる。

【0301】

割当要素に送信および受信STAを含めることは、SCAPの間に送信または受信するようにスケジューリングされていないSTAでの節電を可能とする。上で導入されたSCHEDカウントフィールドを思い出すこと。SCHEDメッセージによってスケジューリングされた各割当は、送信STA AID、受信STA AID、スケジューリングされたTXOPの開始時刻、およびスケジューリングされたTXOPの最大許容長さを指定する。SCHEDカウントは、各SCHED送信時に加算され、各ビーコン送信時にリセットされる。STAはAPに節電動作を示すかもしれない、その結果、APによってスケジューリングされたTXOP送信または受信を割当てられるかもしれない期間に、特定のSCHEDカウント値が提供される。次に、STAは、適切なSCHEDカウントを伴うSCHEDメッセージを単に受信するために定期的にアウエイク状態になるかもしれない。

【0302】PPDUフォーマット

図49に既存802.11 PPDU4970を図示する。このPPDUは、PLCPプリアンプル4975(12OFDMシンボル)、PLCPヘッダ4910、可変長PSDU4945、6ビットのテール4950、および可変長パッド4955を含む。PPDU4970の一部4960が、符号化率 $=1/2$ のBPSKを用いて送信されるSIGNALフィールド(1OFDMシンボル)、およびSIGNAL4980で示される変調フォーマットおよびレートで送信される可変長データフィールド4985を含む。PLCPヘッダ4910は、SIGNAL4980および16ビットのサービスフィールド4940を含む。(サービスフィールドはDATA4985に含まれ、そのフォーマットに従って送信される)。SIGNALフィールド4980はレート4915(4ビット)、確保したフィールド4920(1ビット)、長さ4925(12ビット)、パリティビット4930、およびテール4935(6ビット)を含む。

【0303】

PLCPヘッダ(以下で詳述する)例の拡張SIGNALフィールド(以下で詳述する)は、既存802.11のSIGNALフィールド4980と後方互換性がある。既存SIGNALフィールド4980のRATEフィールド4915の未使用値が新しいPPDU形式(以下で詳述する)を定めるように設定される。

【0304】

いくつかの新しいPPDU形式が導入される。既存STAとの後方互換性のために、PLCPヘッダのSIGNALフィールド内のRATEフィールドは、RATE/形式フィールドに変更される。RATEの未使用の値はPPDU形式として指定される。また、PPDU形式はSIGNAL2に指定されたSIGNALフィールド拡張の存在と長さを示す。RATE/形式フィールドの新しい値は表4で定義される。これらのRATE/形式

フィールドの値は既存STAに対しては未定義である。したがって、既存STAはSIGNAL1フィールドの復号に成功し、RATEフィールド内の未定義の値を検出すると、PPDUの復号を中止するだろう。

【0305】

代替的には、新クラスSTAへのMIMO OFDM送信を示すために、既存SIGNALフィールドの確保済ビットは‘1’に設定されるかもしれない。受信STAは、確保済ビットを無視し、SIGNALフィールドおよび残りの送信信号を復号する試みを続けるかもしれない。

【0306】

受信機はPPDU形式に基づくSIGNAL2フィールドの長さを決定することができる。FRACH PPDUは、SCAPの指定された部分にのみ現れ、APによってのみ復号される必要がある。

【表4】

表 4 MIMO PPDU 形式

RATE/形式 (4ビット)	MIMO PPDU	SIGNAL2 フィールド長さ (OFDM シンボル)
0000	MIMO BSS IBSS または MIMO AP 送信 (SCHED PPDU を除く)	1
0010	MIMO BSS SCHED PPDU	1
0100	MIMO BSS FRACH PPDU	2

【0307】

図50にデータ送信のためのMIMO PPDUフォーマット5000を図示する。PPDU5000はPPDU形式0000と呼ばれる。PPDU5000は、PLCPプリアンブル5010、SIGNAL1 5020 (1 OFDMシンボル)、SIGNAL2 5040 (1 OFDMシンボル)、トレーニングシンボル5060 (0、2、3、または4シンボル)、および、可変長データフィールド5080を含む。PLCPプリアンブル5010は、存在すれば、実施例では16 μ secである。SIGNAL1 5020およびSIGNAL2 5040は、PPDU制御セグメントレートおよび変調フォーマットを用いて送信される。データ5080は、サービス5082 (16ビット)、フィールドバック5084 (16ビット)、可変長PSDU5086、別々の畳み込みチャネル符号が各ストリームに適用されるテール5088 (1ストリームあたり6ビット)、および可変長パッド5090を含む。データ5080は、PPDUデータセグメントレートおよび変調フォーマットを用いて送信される。

【0308】

PPDU形式0000に対するMIMO PLCPヘッダは、SIGNAL (SIGNAL1 5020およびSIGNAL2 5040を含む)、SERVICEフィールド5082、およびFEEDBACKフィールド5084を含む。SERVICEフィールドは既存802.11からの変更はなく、データセグメントレートおよびフォーマットを用いて送信される。

【0309】

FEEDBACKフィールド5084はデータセグメントレートおよびフォーマットを用いて送信される。FEEDBACKフィールドは、ESフィールド (1ビット)、データレートベクトルフィールドバック (DRVF) フィールド (13ビット)、および電力制

御フィールド（2ビット）を含む。

【0310】

ESフィールドは好ましい偏向方法を示す。本実施例において、ESビットが設定される場合には、固有ベクトル偏向（ES）が選択され、そうでなければ空間拡散（SS）が選択される。

【0311】

DRVFフィールドは、最大4つの空間モードでの持続可能なレートに関して、ピア端末へのフィードバックを提供する。

【0312】

明確なレートフィードバックにより、端末は迅速かつ正確にそれらの送信レートを最大にし、システムの効率を劇的に高めることができる。低待ち時間フィードバックが望ましい。しかし、フィードバック機会は同期している必要はない。送信機会は、競合ベースの（すなわちEDCA）、ポーリングされた（すなわちHCF）、またはスケジューリングされた（すなわちACF）のような任意の方法で獲得されるかもしれない。したがって、変化する時間が、送信機会とレートフィードバックの間で生じるかもしれない。レートフィードバックの経時に基づいて、送信機は送信レートを決定するためにバックオフを適用するかもしれない。

【0313】

STA AからSTA Bへの送信に対するPPDUデータセグメントレート適応は、STA BがSTA Aに提供したフィードバックに依る（前述しており、例えば図24を見よ）。ESまたはSS動作モードのどちらかに対し、STA BがSTA AからMIMO OFDMトレーニングシンボルを受信するたびに、各空間ストリームで得られるデータレートを推定する。STA BからSTA Aへの後続するいずれかの送信信号内に、STA Bはこの推定値をFEEDBACK 5084のDRVFフィールドに含める。DRVFフィールドはデータセグメント5080レートで送信される。

【0314】

STA AがSTA Bに送信する場合、STA Bから遅延の原因を明らかにするために必要な場合には選択的なバックオフと共に受信したDRVFに基づいて、STA Aはどの送信レートを用いるかを決定する。SIGNALフィールド（以下で詳述する）は、受信STA BがSTA Aから送信されたフレームを復号することを可能とする13ビットのDRVフィールド5046を含む。DRV 5046は制御セグメントレートで送信される。

【0315】

DRVFフィールドは、STRフィールド（4ビット）、R2フィールド（3ビット）、R3フィールド（3ビット）、およびR4フィールド（3ビット）を含み、符号化される。STRフィールドはストリーム1のレートを示す。このフィールドは表5に示したSTR値として符号化される。R2はストリーム1に対するSTR値とストリーム2に対するSTR値の差を示す。R2の値「111」は、ストリーム2がオフになっていることを示す。R3はストリーム2に対するSTR値とストリーム3に対するSTR値の差を示す。R3の値「111」は、ストリーム3がオフになっていることを示す。R2＝「111」であれば、R3は「111」に設定される。R4はストリーム3に対するSTR値とストリーム4に対するSTR値の差を示す。R4の値「111」は、ストリーム4がオフになっていることを示す。R3＝「111」であれば、R4は「111」に設定される。

【0316】

ES＝0の場合、すなわち空間拡散の場合、DRVFの代替符号化は以下の通りである。ストリーム数（2ビット）、ストリームあたりレート（4ビット）。ストリームあたりレートのフィールドは上のSTR値として符号化される。残りの7ビットは確保済みである。

【表5】

表 5 STR 符号化

STR 値	符号化率	変調フォーマット	ストリーム当りビット/シンボル
0000	1/2	BPSK	0.5
0001	3/4	BPSK	0.75
0010	1/2	QPSK	1.0
0011	3/4	QPSK	1.5
0100	1/2	16 QAM	2.0
0101	5/8	16 QAM	2.5
0110	3/4	16 QAM	3.0
0111	7/12	64 QAM	3.5
1000	2/3	64 QAM	4.0
1001	3/4	64 QAM	4.5
1010	5/6	64 QAM	5.0
1011	5/8	256 QAM	5.0
1100	3/4	256 QAM	6.0
1101	7/8	256 QAM	7.0

【0317】

DRVFに加えて、STA Bは電力制御フィードバックを送信STA Aに提供する。このフィードバックは電力制御フィールドに含まれており、また、データセグメントレートで送信される。このフィールドは2ビットであり、電力を増減させるか、または電力レベルを変化させないかのいずれかを指示する。結果として、送信電力レベルはデータセグメント送信電力レベルを指定される。

【0318】

電力制御フィールド値の例を表6に例示する。代替実施例は種々のサイズの、および代替的電力調整値で電力制御フィールドを展開するかもしれない。

【表6】

表 6 電力制御フィールド値

電力制御フィールド	意味
00	変化無し
01	1dB 電力増加
10	1dB 電力減少
11	確保

【0319】

全PPDUに対して、送信電力レベルは一定のままである。データセグメント送信電力

レベルおよびオープンループSTA送信電力（すなわち、上述したように、APが送信信号を復号するに要する電力レベル）が異なっている場合、PPDUは2つの電力レベルの最大の方で送信される。すなわち、PPDU送信電力レベルはオープンループSTA送信電力（dBm）およびデータセグメント送信電力（dBm）の最大値である。

【0320】

一実施例において、電力制御フィールドは任意のフレーム交換系列における最初のフレームで「00」に設定される。後続のフレームにおいて、1 dB刻みで、電力の増加または減少を示す。受信STAはそのSTAへのすべての後続フレーム送信信号にあるこのフィールドバック情報を用いるだろう。

【0321】

SIGNAL1 フィールド5020は、RATE/形式フィールド5022（4ビット）、1確保済ビット5024、PPDUサイズ/要求5026（12ビット）、パリティビット5028、および6ビットのテール5030を含む。SIGNAL1 フィールド5020は、制御セグメントレートおよびフォーマット（実施例では6 Mb/s）を用いて送信される。RATE/形式フィールド5022は0000に設定される。確保済ビット5024は0に設定されるかもしれない。

【0322】

送信モードに依存して、PPDUサイズ/要求フィールド5026は2つの機能を提供する。競合ベースのSTA送信およびすべてのAP送信において、このフィールドはPPDUサイズを表す。この第1のモードにおいて、ビット1はPPDUが拡張されたOFDMシンボルを用いることを示し、ビット2はPPDUが短縮GIを伴うOFDMシンボルを用いることを示し、ビット3-12はOFDMシンボルの数を示す。

【0323】

スケジューリングされた非AP STA送信において、PPDUサイズ/要求フィールド5026は要求を表す。この第2のモードで、ビット1-2はSCHEDレートを示す。SCHEDレートはSTAに割当を送信するために用いられるかもしれない最大の番号付けしたSCHED（0、1、2または3）フィールドを示す。APからのトレーニングシンボル送信の間、各非AP STAは、APからのSCHEDフレーム送信信号をロバストに受信できるレートを推定する。STAからの後続のスケジューリングされた送信において、この最大許容レートはSCHEDレートフィールドに含まれる。このフィールドはAPによって復号される。APは、この情報をSTAに対する後続のTXOPをスケジューリングするために用い、また、STAにそれらの割当を配布するために、CTRL J（0、1、2、または3）を決定する。

【0324】

第2のモードにおいて、ビット3-4はQoSフィールドを示す。これは、TC0または1に対する要求の分数（3分の1で表す）（すなわち0%、33%、67%、100%）を特定する。ビット5-12はTXOPの要求された長さを示す（実施例では16 μ sの倍数で表わす）。

【0325】

SIGNAL1 フィールド5020は、1パリティビット5028で検査され、畳み込み符号器のための6ビットのテール5030で終了する。

【0326】

SIGNAL2 フィールド5040の存在と長さはSIGNAL1 フィールド5020内のRATE/形式フィールド5022によって示される。SIGNAL2 フィールド5040は制御セグメントレートおよびフォーマットを用いて送信される。SIGNAL2 フィールド5040は、確保済ビット5042、トレーニング形式5044（3ビット）、データレートベクトル（DRV）5046（13ビット）、パリティビット5048およびテール5050（6ビット）を含む。3ビットのトレーニング形式フィールドはMIMO OFDMトレーニングシンボルの長さおよびフォーマットを示す。ビット1-2はMIMO OFDMトレーニングシンボル5060（0、2、3または4 OFDMシンボル）の数を示す。

ビット3はトレーニング形式フィールドである。0はSS、1はESを示す。DRV5046は、最大4つの空間的モードのそれぞれに対するレートを提供する。DRV5046は(上述したFEEDBACK5084で含まれる)DRVFと同じ方法で符号化される。SIGNAL2フィールド5040は、1パリティビット5048でチェックされ、畳み込み符号器のための6ビットテール5050で終了する。

【0327】

図51にSCHED PPDU5100(符号化率/形式=0010)を図示する。SCHED PPDU 5100は、PLCPプリアンプル5110、SIGNAL1 5120(1OFDMシンボル)、SIGNAL2 5140(1OFDMシンボル)、トレーニングシンボル5160(0、2、3、または4シンボル)、および可変長SCHEDフレーム5180を含む。PLCPプリアンプル5010は、存在する場合、本実施例では $16\mu\text{sec}$ である。SIGNAL1 5020およびSIGNAL2 5040はPPDU制御セグメントレートおよび変調フォーマットを用いて送信される。SCHEDフレーム5180は上でACFの記述に関して詳しく述べたように種々のレートを含むかもしれない。

【0328】

SIGNAL1 5120はRATE/形式5122(4ビット)、確保済ビット5124、CTRL0サイズ5126(6ビット)、CTRL1サイズ5128(6ビット)、パリティビット5130、およびテール5132(6ビット)を含む。RATE/形式5122は0010に設定される。確保済ビット5124は0に設定されるかもしれない。CTRL0サイズ5126は最も低いレート(本例では 6Mbps)で送信されたSCHED PPDUのセグメント長を示す。このセグメントはPLCPヘッダのSERVICEフィールド、MACヘッダ、およびCTRL0セグメント5126を含む。その値は本例では $4\mu\text{sec}$ の倍数で符号化される。CTRL1サイズ5128は次に高いレート(本例では 12Mbps)で送信されたSCHED PPDUのセグメントの長さを示す。その値は本例では $4\mu\text{sec}$ の倍数で符号化される。CTRL1サイズ'0'は、対応するCTRL1セグメントがSCHED PPDU内に存在しないことを示す。SIGNAL1フィールド5120は1パリティビット5130で検査され、畳み込み符号器のための6ビットテール5132で終了する。

【0329】

SIGNAL2 5140は、確保済ビット5142、トレーニング形式5144(3ビット)、CTRL2サイズ5146(5ビット)、CTRL3サイズ5148(5ビット)、FCS5150(4ビット)、およびテール5152(6ビット)を含む。確保済ビット5142は0に設定されるかもしれない。トレーニング形式5144はPPDU形式0000に対して指定されると同様(トレーニング形式5044)である。

【0330】

CTRL2サイズ5146は次の最も高いレート(本例では 18Mbps)で送信されたSCHED PPDUのセグメントの長さを示す。その値は本例では $4\mu\text{sec}$ の倍数で符号化される。CTRL2サイズ'0'は、対応するCTRL2セグメントがSCHED PPDU内に存在しないことを示す。CTRL3サイズ5148は最高レート(本例では 24Mbps)で送信されたSCHED PPDUのセグメントの長さを示す。その値は本例では $4\mu\text{sec}$ の倍数で符号化される。CTRL3サイズ'0'は、対応するCTRL3セグメントがSCHED PPDU内に存在しないことを示す。

【0331】

FCS5150は全SIGNAL1およびSIGNAL2フィールドにわたって計算される。SIGNAL2フィールド5140は畳み込み符号器のための6ビットテール5152で終了する。

【0332】

図52にFRACH PPDU 5200(符号化率/形式=0100)を図示する。FRACH PPDU 5200は、PLCPプリアンプル5210、SIGNAL1

5220 (1 OFDMシンボル)、SIGNAL 2 5240 (2 OFDMシンボル)を含む。PLCPプリアンプル5210は、存在する場合、本実施例では $16\mu\text{sec}$ である。SIGNAL 1 5220およびSIGNAL 2 5240は、PPDU制御セグメントレートおよび変調フォーマットを用いて送信される。MIMOのスケジューリングされたアクセス期間内のFRACH期間に、FRACH PPDU 5200がSTAによって送信される。FRACH期間はAPによって確立され、それ故、APに知られている(上で詳述したように)。

【0333】

SIGNAL 1 5220は、RATE/形式5222 (4ビット)、確保済ビット5224、要求5226 (12ビット)、パリティビットに5228、および、テール5230 (6ビット)を含む。RATE/形式5222は0100に設定される。確保済ビット5124は0に設定されるかもしれない。要求フィールド5226は上に詳述したPPDU形式0000 (5000)に対して指定されるのと同様である。SIGNAL 1 フィールド5220は1パリティビット5228で検査され、畳み込み符号器のための6ビットテール5230で終了する。

【0334】

SIGNAL 2 5240は確保済ビット5242、送信元AID 5244 (16ビット)、受信先AID 5246 (16ビット)、FCS 5248 (4ビット)、およびテール5250 (6ビット)を含む。確保済ビット5242は0に設定されるかもしれない。送信元AID 5244はFRACHで送信しているSTAを特定する。受信先AID 5246はTXOPが要求されている受信STAを特定する。本実施例において、受信先がAPである場合、受信先AIDフィールド5246の値は2048に設定される。4ビットFCS 5248は全SIGNAL 1およびSIGNAL 2フィールドにわたって計算される。6ビットテール5250は畳み込み符号化に先立って加えられる。

【0335】

本実施例において、STAは、チャンネルにアクセスするためにスロット付アロハを用いるかもしれない、また、FRACHで要求メッセージを送るかもしれない。APによって受信が成功した場合、APは、要求しているSTAに、後続のスケジューリングされたアクセス期間内にスケジューリングされたTXOPを提供する。現在のスケジューリングされたアクセス期間に対するFRACHスロットの数はSCHEDメッセージ、N_FRACH、で示される。

【0336】

また、STAは可変B_FRACHを保持するかもしれない。FRACHでの送信信号に続き、STAがAPからTXOP割当を受信する場合、STAはB_FRACHをリセットする。APからのSCHED送信信号の予め定めた数、FRACH RESPONSE、の範囲内のTXOP割当をSTAが受信しない場合、B_FRACHは最大値7まで1ずつ増加される。パラメータFRACH RESPONSEはビーコンのACF要素に含まれる。いずれのFRACHの間でも、STAは確率 $(N_FRACH - 1) * 2^{-B_FRACH}$ でFRACHスロットを選ぶ。

【0337】

FRACHの期間がAPによってスケジューリングされない場合、MIMO STAはSCAPの間の保護された競合期間にEDCA規則を用いて競合するかもしれない。

【0338】

当業者は情報および信号が種々の異なる技術と方法のいずれかを用いて表されるかもしれないことを理解しているだろう。例えば、上の記述中に参照されたかもしれないデータ、命令、コマンド、情報、信号、ビット、シンボル、およびチップは電圧、電流、電磁波、磁場もしくは磁気粒子、光学場もしくは光学粒子、またはそれらのいずれかの組合わせで表されるかもしれない。

【0339】

当業者は、ここに開示された実施例に関して説明された種々の例示的論理ブロック、モ

ジュール、回路、およびアルゴリズムステップが、電子的ハードウェア、コンピュータソフトウェア、または両者の組合わせとして実施されるかもしれないことをさらに認識するだろう。ハードウェアとソフトウェアのこの交換可能性を明確に示すために、種々の例示的部品、ブロック、モジュール、回路、およびステップを、上ではそれらの機能性の点から一般的に説明した。そのような機能性がハードウェアとして、またはソフトウェアとして実施されるかは、システム全体に課せられた特定用途および設計上の制約による。当業者は説明された機能性を各特定用途のために異なる方法で実施するかもしれないが、そのような実施決定は本発明の範囲からの逸脱を生じると解釈されるべきではない。

【0340】

ここに開示された実施例に関して説明した種々の例示的論理ブロック、モジュール、および回路は、汎用プロセッサ、ディジタル信号プロセッサ (DSP)、特定用途向 IC (ASIC)、プログラマブルゲートアレイ (FPGA)、他のプログラム可能論理回路、個別ゲートもしくはトランジスタ論理回路、個別ハードウェア部品、またはここに説明した機能を実行するように設計されたそれらの任意の組み合わせによって、実施もしくは実行されるかもしれない。汎用プロセッサはマイクロプロセッサであるかもしれないが、代替的に、プロセッサは、任意の通常のプロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、または状態機械であるかもしれない。プロセッサは、計算装置の組合せ、例えば DSP とマイクロプロセッサの組合せ、複数のマイクロプロセッサ、DSP コアに関連した 1 つ以上のマイクロプロセッサ、または任意の他のそのような構成として実施されるかもしれない。

【0341】

ここに開示された実施例に関して説明された方法またはアルゴリズムのステップは、直接ハードウェア、プロセッサで実行されるソフトウェアモジュール、またはその 2 つの組合せで具体化されるかもしれない。ソフトウェアモジュールは、RAM メモリ、フラッシュメモリ、ROM メモリ、EPROM メモリ、EEPROM メモリ、レジスタ、ハードディスク、可搬形ディスク、CD-ROM、または当業者に周知の任意の他の形式の記憶媒体、にあるかもしれない。代表的記憶媒体は、プロセッサに接続され、プロセッサが記憶媒体から情報の読み出し、記憶媒体へ情報の書き込みができるようにする。代替的には、記憶媒体はプロセッサに組み込まれているかもしれない。プロセッサおよび記憶媒体は ASIC にあるかもしれない。ASIC はユーザ端末にあるかもしれない。代替的には、プロセッサおよび記憶媒体は個別部品としてユーザ端末内にあるかもしれない。

【0342】

見出しは、参照のため、および種々の節を見つける際の助けとなるためにここに含まれる。これらの見出しは、それに関して説明した概念の範囲を制限するように意図されていない。そのような概念は明細書全体を通して適用可能であるかもしれない。

【0343】

開示された実施例のこれまでの説明は、当業者が本発明を製造または使用することができるように提供されている。これらの実施例への種々の変更は当業者に容易に明白となるだろう。また、ここに記述した一般的原理は、本発明の精神または範囲から逸脱することなく、他の実施例に適用されるかもしれない。したがって、本発明は、ここに示した実施例に制限することを意図されておらず、ここに開示した原理および新規な機能に矛盾しない最も広い範囲と一致するということである。

【図面の簡単な説明】

【0344】

【図1】 高速 WLAN を含むシステムの一実施例を示す図。

【図2】 アクセスポイントまたはユーザ端末として構成されるかもしれない無線通信装置の一実施例を示す図。

【図3】 802.11 のフレーム間隔パラメータを示す図。

【図4】 DCF に従ってアクセスするための DIFS + バックオフの使用を示す物理層 (PHY) の送信セグメントの一例を示す図。

【図5】ACKの前にDIFSアクセスより高い優先度を有するSIFSの使用を示す、物理層(PHY)の送信セグメントの一例を示す図。

【図6】大きいパケットを、付随するSIFSによってより小さいフラグメントへ分割することを示す図。

【図7】1フレーム毎の確認応答を有するTXOPを示す物理層(PHY)の送信セグメントの一例を示す図。

【図8】ブロック確認応答を有するTXOPを示す図。

【図9】HCCAを用いてポーリングされたTXOPを示す、物理層(PHY)の送信セグメントの一例を示す図。

【図10】複数のギャップのない連続した送信を含むTXOPの一実施例を示す図。

【図11】要求されたプリアンプル送信量の減少を示すTXOPの一実施例を示す図。

【図12】プリアンプルの統合、SIFSのようなギャップの除去、および適切なGIFSの挿入を含む種々の態様を組み込む方法の一実施例を示す図。

【図13】統合したポーリング信号とそれぞれのTXOPを示す、物理層(PHY)の送信セグメントの一例を示す図。

【図14】ポーリング信号を統合する方法の一実施例を示す図。

【図15】MACフレームの一例を示す図。

【図16】MAC PDUの一例を示す図。

【図17】ピアツーピア通信の一例を示す図。

【図18】従来技術の物理層バーストを示す図。

【図19】ピア-ピア伝送のために展開されるかもしれない物理層のバーストの一例を示す図。

【図20】選択的なアドホックセグメントを含むMACフレームの一実施例を示す図。

【図21】物理層バーストの例を示す図。

【図22】ピア-ピアデータ伝送方法の一例を示す図。

【図23】ピア-ピア通信方法の一例を示す図。

【図24】ピア-ピア接続において用いるためのレートフィードバックの提供方法の一例を示す図。

【図25】2端末とアクセスポイント間の管理されたピア-ピア接続を示す図。

【図26】競合ベース(またはアドホック)のピア-ピア接続を示す図。

【図27】端末間の管理されたピア-ピア通信を示すMACフレームの一例を示す図。

【図28】同一周波数割当における既存端末および新クラスの端末双方のサポートを示す図。

【図29】既存および新クラスの媒体アクセス制御の組み合わせを示す図。

【図30】送信期間の獲得方法の一例を示す図。

【図31】複数のBSSと単一FAを共有する方法の一例を示す図。

【図32】単一FAを用いているBSSのオーバーラップを示す図。

【図33】既存BSSで相互運用している間に、高速ピア-ピア通信を実行する方法の一例を示す図。

【図34】既存BSSにおいてアクセスを競合することによるMIMO技術を用いるピア-ピア通信を示す図。

【図35】集約フレーム内の1つ以上のMACフレーム(またはフラグメント)のカプセル化を示す図。

【図36】既存MACフレームを示す図。

【図37】非圧縮フレームの一例を示す図。

【図38】圧縮フレームの一例を示す図。

【図39】圧縮フレームの他の例を示す図。

【図40】集約ヘッダの一例を示す図。

【図41】ACFで用いるためのスケジューリングされたアクセス期間フレーム(SCAP)の一実施例を示す図。

【図42】SCAPのHCCAおよびEDCAに関連した用いられ方を示す図。

【図43】競合ベースのアクセス期間によって分散された多数のSCAPを含むビーコン区間を示す図。

【図44】多数のMIMO STAによる低待ち時間動作を示す図。

【図45】SCHEDメッセージの一例を示す図。

【図46】電力管理フィールドの一例を示す図。

【図47】MAP区間の一例を示す図。

【図48】TXOP割当のためのSCHED制御フレームの一例を示す図。

【図49】既存802.11 PPDUを示す図。

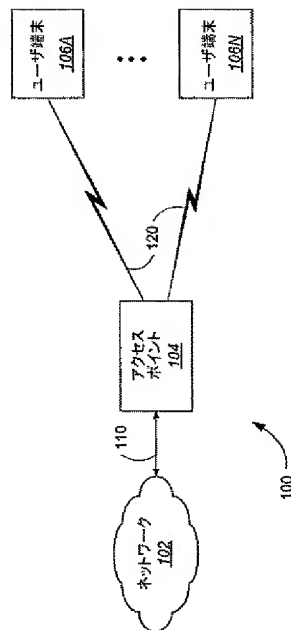
【図50】データ伝送のためのMIMO PPDUフォーマットを示す図。

【図51】SCHED PPDUの一例を示す図。

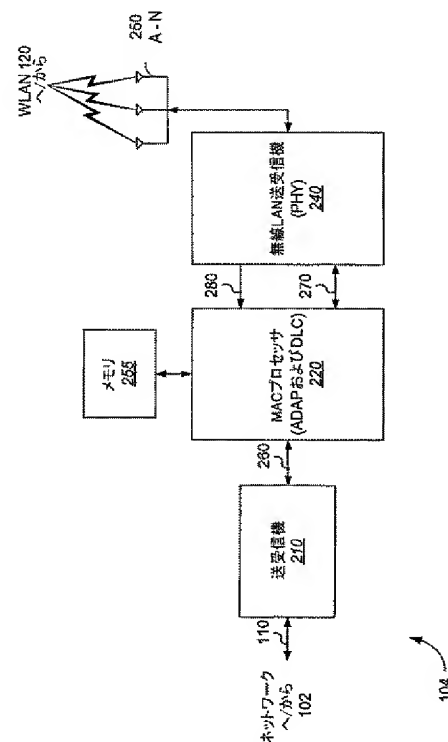
【図52】FRACH PPDUの一例を示す図。

【図53】既存システムとの相互運用性の方法の代替的实施例を示す図。

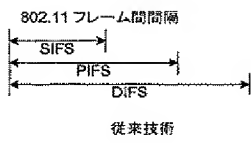
【図1】



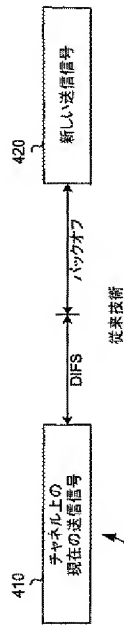
【図2】



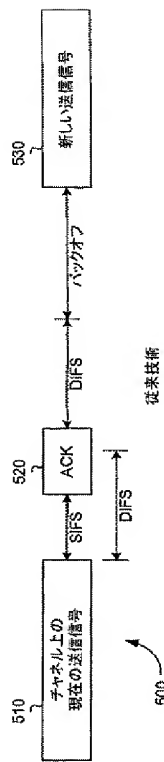
【図3】



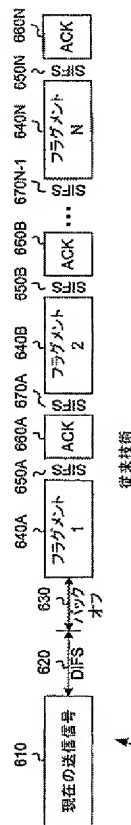
【図4】



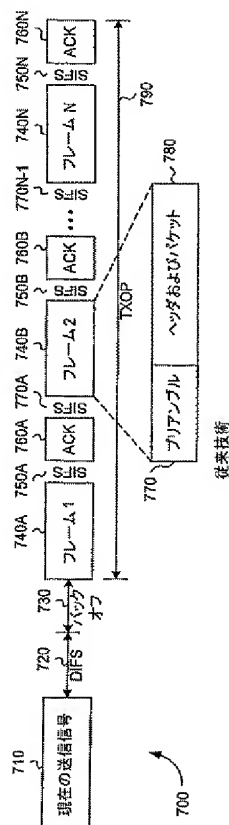
【図5】



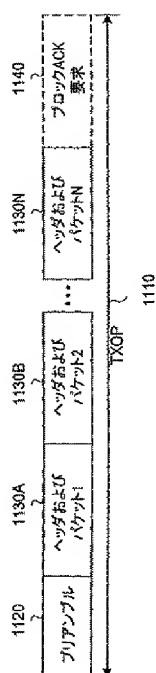
【図6】



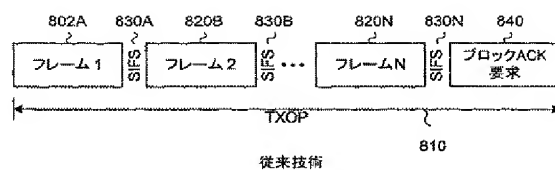
【図7】



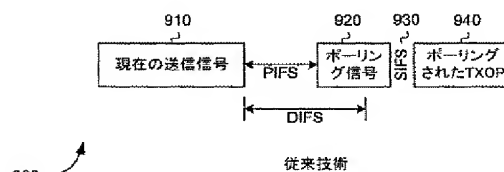
【図11】



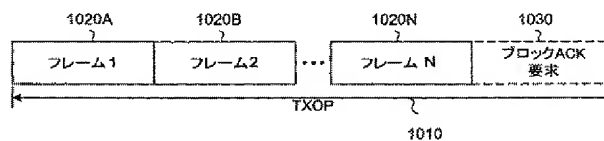
【図8】



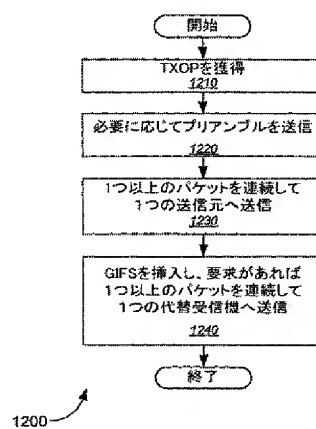
【図9】



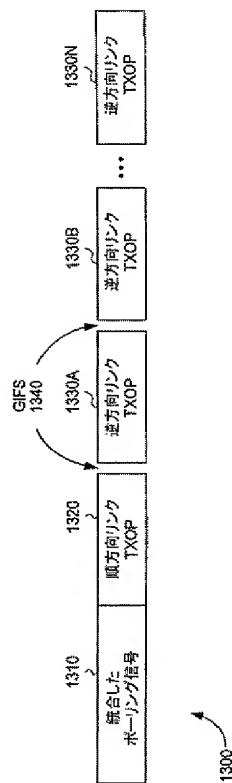
【図10】



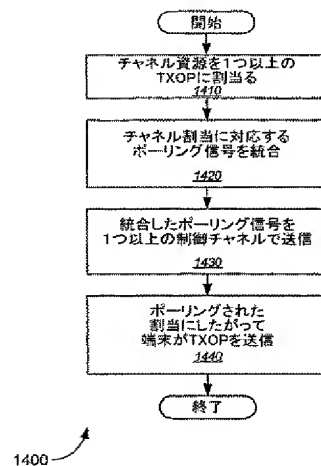
【図12】



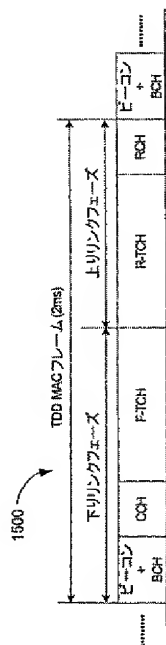
【図13】



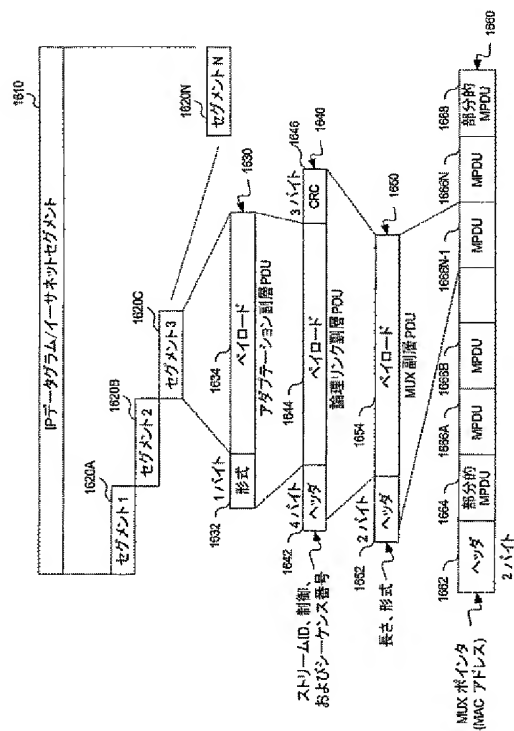
【図14】



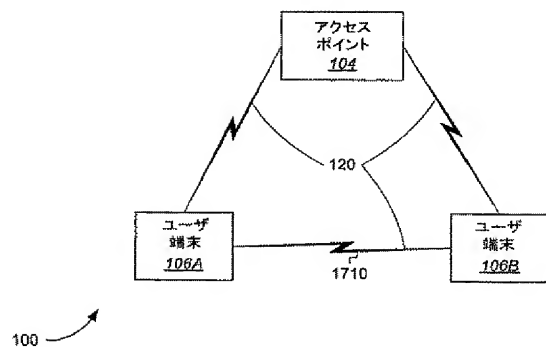
【図15】



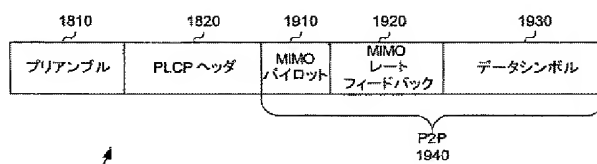
【図16】



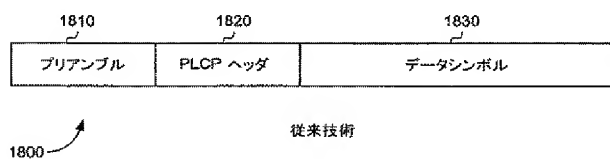
【図17】



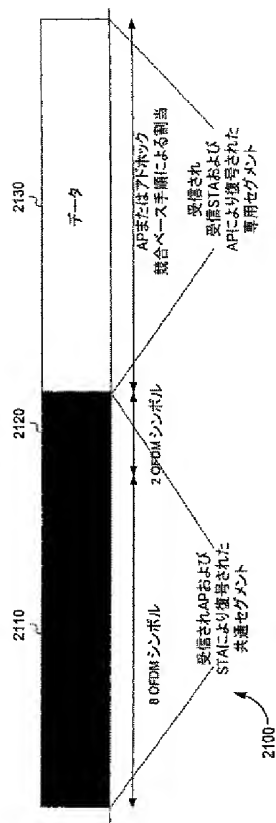
【図19】



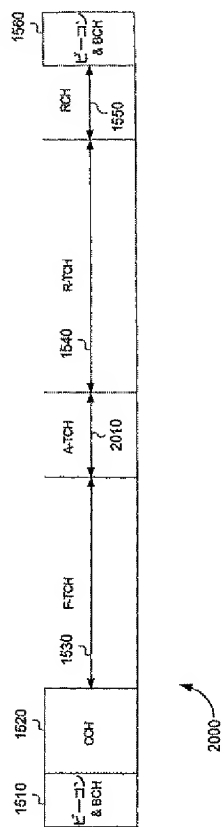
【図18】



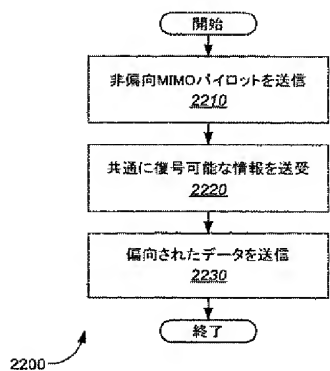
【図21】



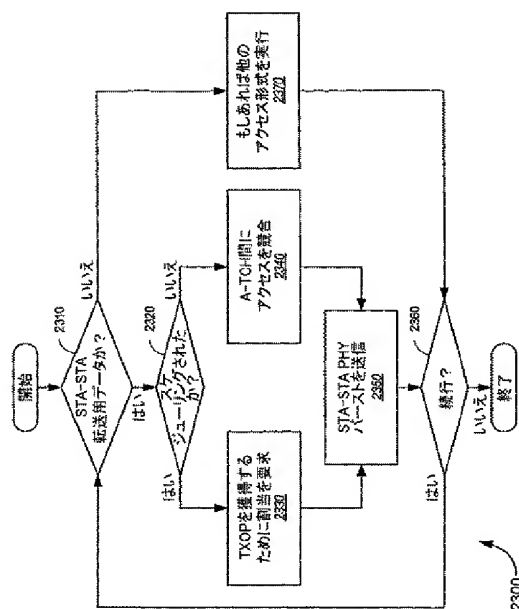
【図20】



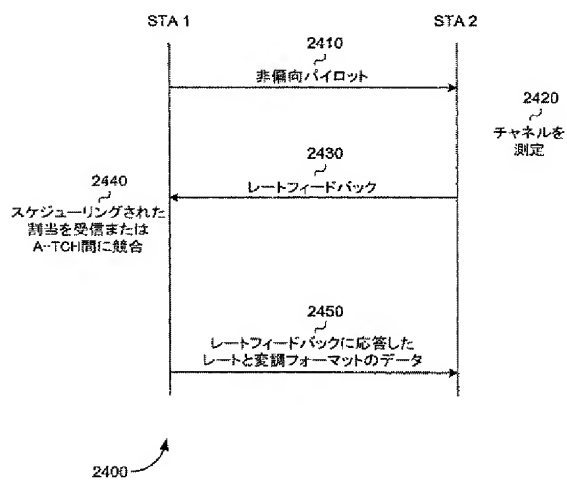
【図22】



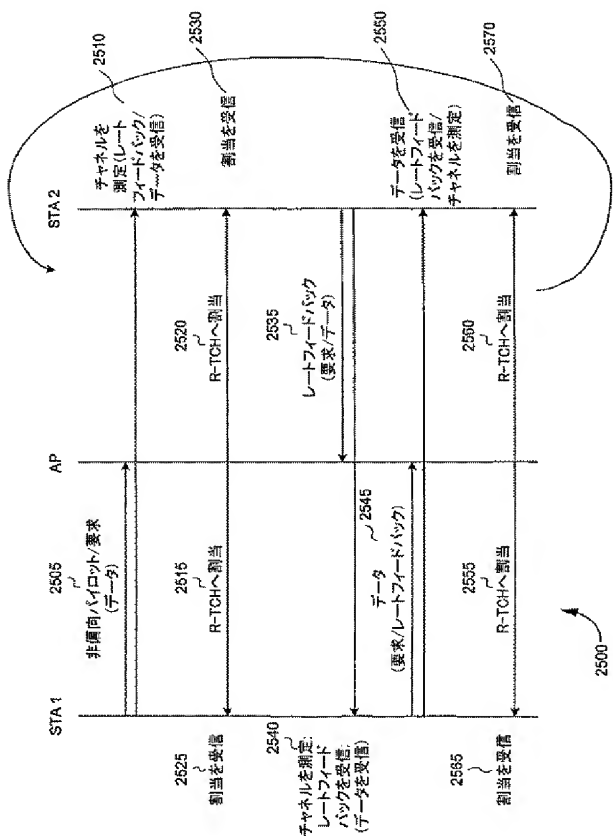
【図23】



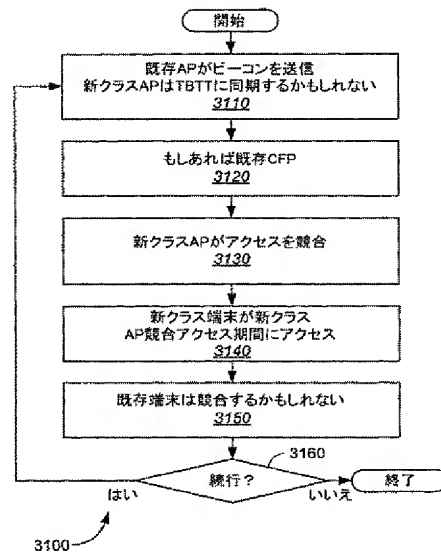
【図24】



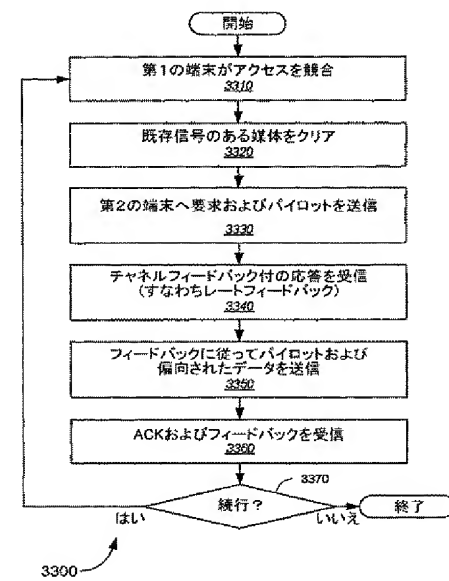
【図25】



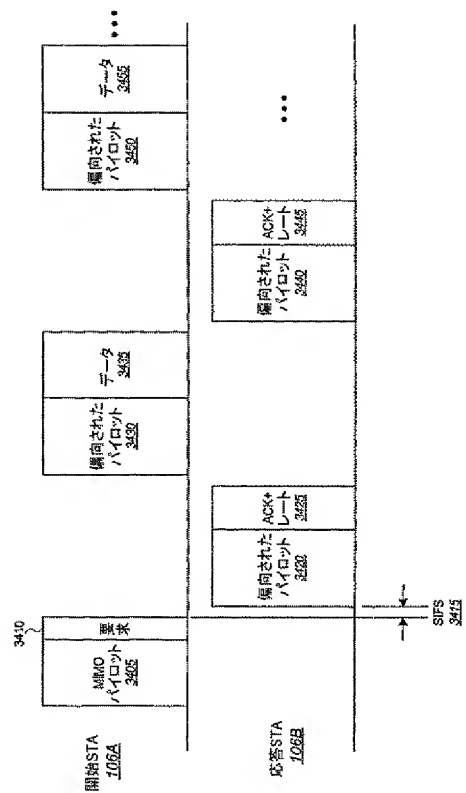
【☒31】



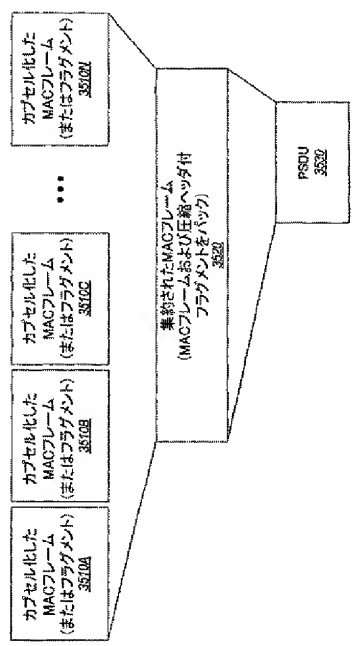
【例33】



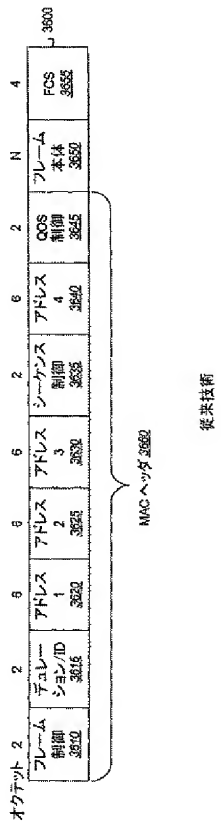
【図34】



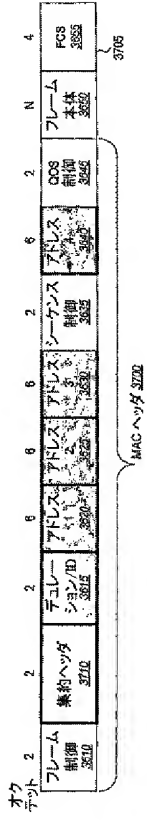
【図35】



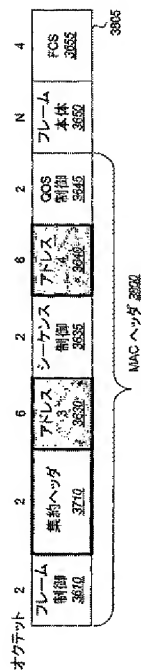
【図36】



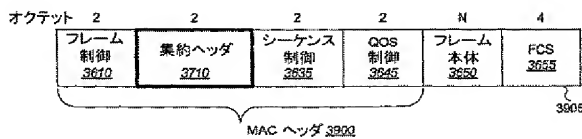
【図37】



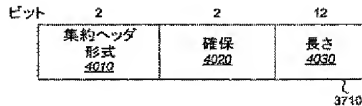
【図38】



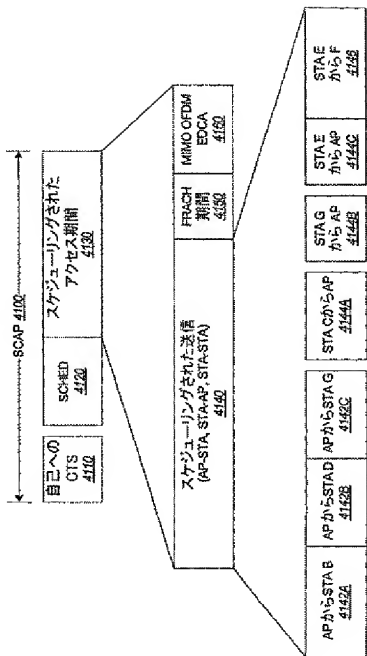
【図39】



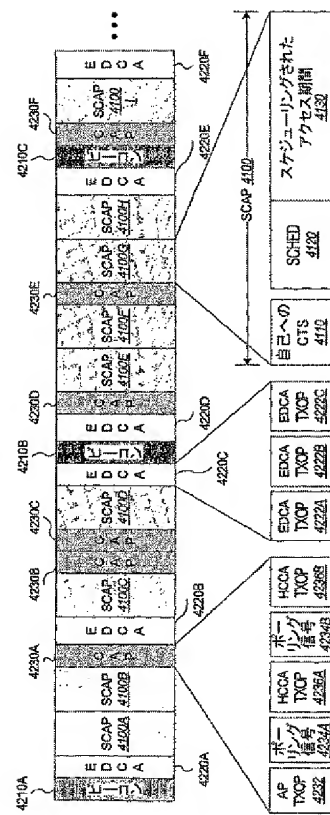
【図40】



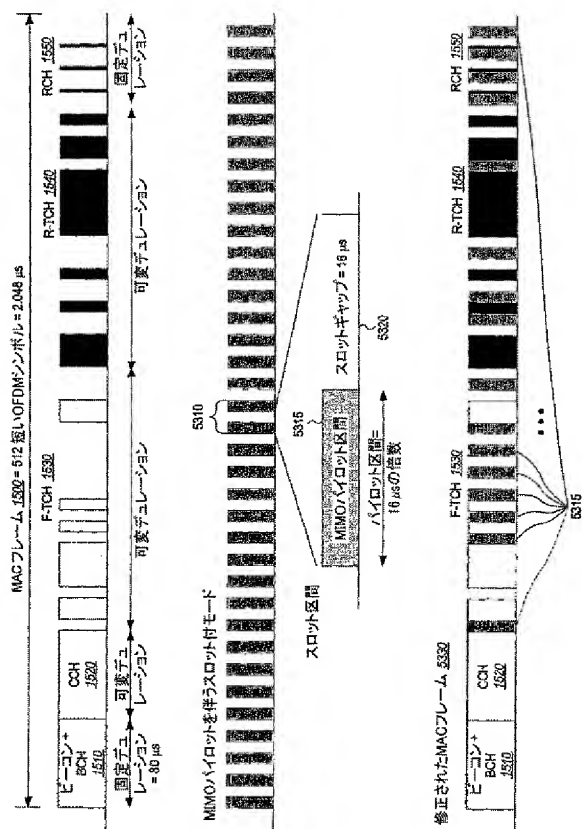
【図41】



【図42】



【図53】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/US2004/034259

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H04L12/66 H04L29/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 563 816 B1 (NODOUSHANI PAIMAN ET AL) 13 May 2003 (2003-05-13) figures 17-19, 32 column 2, lines 11-45 column 4, lines 26-30 column 5, lines 13-15, 37-39, 49-65 column 10, lines 25-38 column 18, lines 62-68 column 28, lines 46-58 column 30, lines 25-41	1-14, 21-34
X	US 2003/115611 A1 (HILTS PAUL JOHN ET AL) 19 June 2003 (2003-06-19) figures 4, 5 page 3, paragraph 35 page 4, paragraphs 41, 45 page 5, paragraph 51 page 6, paragraphs 64, 69	15-20
-/--		

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *I* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *S* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 February 2005

Date of mailing of the international search report

07/03/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mircescu, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter nal Application No PCT/US2004/034259
--

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 276 703 A (BUDIN ET AL) 4 January 1994 (1994-01-04) figures 1,4 column 5, lines 59-69 column 6, lines 1-15,45-69 column 8, lines 21-60 column 10, lines 30-69 column 11, lines 1-27 column 12, lines 41-69 -----	1-34

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/US2004/034259

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6563816 B1	13-05-2003	US 6731627 B1	04-05-2004
US 2003115611 A1	19-06-2003	US 6681315 B1	20-01-2004
US 5276703 A	04-01-1994	AU 3441493 A	03-08-1993
		WO 9314580 A1	22-07-1993

(31)優先権主張番号 60/526,356
 (32)優先日 平成15年12月1日(2003.12.1)
 (33)優先権主張国 米国(US)
 (31)優先権主張番号 60/526,347
 (32)優先日 平成15年12月1日(2003.12.1)
 (33)優先権主張国 米国(US)
 (31)優先権主張番号 60/532,791
 (32)優先日 平成15年12月23日(2003.12.23)
 (33)優先権主張国 米国(US)
 (31)優先権主張番号 60/545,963
 (32)優先日 平成16年2月18日(2004.2.18)
 (33)優先権主張国 米国(US)
 (31)優先権主張番号 60/576,545
 (32)優先日 平成16年6月2日(2004.6.2)
 (33)優先権主張国 米国(US)
 (31)優先権主張番号 60/586,841
 (32)優先日 平成16年7月8日(2004.7.8)
 (33)優先権主張国 米国(US)
 (31)優先権主張番号 60/600,960
 (32)優先日 平成16年8月11日(2004.8.11)
 (33)優先権主張国 米国(US)
 (31)優先権主張番号 10/964,314
 (32)優先日 平成16年10月13日(2004.10.13)
 (33)優先権主張国 米国(US)

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(74)代理人 100075672
 弁理士 峰 隆司
 (74)代理人 100109830
 弁理士 福原 淑弘
 (74)代理人 100095441
 弁理士 白根 俊郎
 (74)代理人 100084618
 弁理士 村松 貞男
 (74)代理人 100103034
 弁理士 野河 信久
 (74)代理人 100140176
 弁理士 砂川 克
 (74)代理人 100092196
 弁理士 橋本 良郎
 (74)代理人 100100952

弁理士 風間 鉄也

(72)発明者 ワルトン、ロドニー・ジェイ

アメリカ合衆国、マサチューセッツ州 01741、カーリスル、ハイウッズ・レーン 85

(72)発明者 ナンダ、サンジブ

アメリカ合衆国、カリフォルニア州 92065、ラモナ、ダザ・ドライブ 16808

Fターム(参考) 5K028 AA11 KK11

5K033 AA01 CA06 DA17

5K034 AA10 CC01 DD03 EE03 GG03 HH12 MM25

5K067 AA13 BB21 DD51 EE02 EE12 EE71 GG03

(19) World Intellectual Property
Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
28 April 2005 (28.04.2005)

PCT

(10) International Publication Number
WO 2005/039105 A1

(51) International Patent Classification⁷: **H04L 12/06**,
29/06

(21) International Application Number:
PCT/US2004/034259

(22) International Filing Date: 15 October 2004 (15.10.2004)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
60/511,904 15 October 2003 (15.10.2003) US
60/511,750 15 October 2003 (15.10.2003) US
60/513,239 21 October 2003 (21.10.2003) US
60/526,356 1 December 2003 (01.12.2003) US
60/526,347 1 December 2003 (01.12.2003) US
60/532,791 23 December 2003 (23.12.2003) US
60/545,963 18 February 2004 (18.02.2004) US
60/576,545 2 June 2004 (02.06.2004) US
60/586,841 8 July 2004 (08.07.2004) US
60/600,960 11 August 2004 (11.08.2004) US
10/964,314 13 October 2004 (13.10.2004) US

(71) Applicant (for all designated States except US): **QUALCOMM INCORPORATED** [US/US]; 5775 Morehouse Drive, San Diego, California 92121 (US).

(72) Inventors; and

(75) Inventors/Applicants (for US only): **WALTON, J. Rodney** [US/US]; 85 Highwoods Lane, Carlisle, Massachusetts 01741 (US). **NANDA, Sanjiv** [US/US]; 16808 Daza Drive, Ramona, California 92065 (US).

(74) Agents: **WADSWORTH, Philip R.** et al.; 5775 Morehouse Drive, San Diego, California 92121 (US).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of national protection available): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

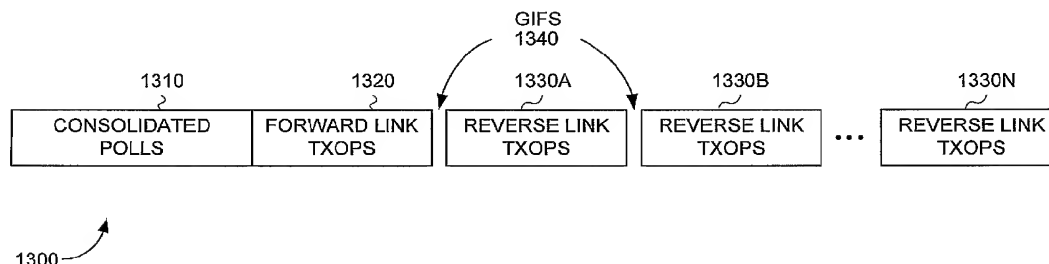
(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Declarations under Rule 4.17:

— as to applicant's entitlement to apply for and be granted a patent (Rule 4.17(ii)) for the following designations AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO patent (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,

[Continued on next page]

(54) Title: HIGH SPEED MEDIA ACCESS CONTROL AND DIRECT LINK PROTOCOL



(57) Abstract: Techniques for MAC processing for efficient use of high throughput systems that may be backward compatible with various types of legacy systems are disclosed. In one aspect, a data frame is formed comprising a common portion for transmission in a format receivable by various stations, such as access points and remote stations. The data frame also comprises a dedicated portion, formatted for transmission to a specified remote station. In another aspect, the common portion is unsteered, and the dedicated portion is steered. In another aspect, an access point schedules an allocation in response to a data indication included in a common portion of a data frame transmitted from one remote station to another. In another aspect, a first station transmits a reference to a second station, which measures the reference and generates feedback therefrom.

WO 2005/039105 A1



- IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)*
- *as to the applicant's entitlement to claim the priority of the earlier application (Rule 4.17(iii)) for all designations*
 - *as to the applicant's entitlement to claim the priority of the earlier application (Rule 4.17(iii)) for all designations*
 - *as to the applicant's entitlement to claim the priority of the earlier application (Rule 4.17(iii)) for all designations*
 - *as to the applicant's entitlement to claim the priority of the earlier application (Rule 4.17(iii)) for all designations*
 - *as to the applicant's entitlement to claim the priority of the earlier application (Rule 4.17(iii)) for all designations*
 - *as to the applicant's entitlement to claim the priority of the earlier application (Rule 4.17(iii)) for all designations*
 - *as to the applicant's entitlement to claim the priority of the earlier application (Rule 4.17(iii)) for all designations*
 - *as to the applicant's entitlement to claim the priority of the earlier application (Rule 4.17(iii)) for all designations*
 - *as to the applicant's entitlement to claim the priority of the earlier application (Rule 4.17(iii)) for all designations*
- Published:**
- *with international search report*
 - *before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments*
- For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*

HIGH SPEED MEDIA ACCESS CONTROL AND DIRECT LINK PROTOCOL

Claim of Priority under 35 U.S.C. §119

[0001] The present Application for Patent claims priority to the following U.S. Provisional Patent Applications:

Provisional Application No. 60/511,750 entitled "Method and Apparatus for Providing Interoperability and Backward Compatibility in Wireless Communication Systems" filed October 15, 2003;

Provisional Application No. 60/511,904 entitled "Method, Apparatus, and System for Medium Access Control in a High Performance Wireless LAN Environment" filed October 15, 2003;

Provisional Application No. 60/513,239 entitled "Peer-to-Peer Connections in MIMO WLAN System" filed October 21, 2003;

Provisional Application No. 60/526,347 entitled "Method, Apparatus, and System for Sub-Network Protocol Stack for Very High Speed Wireless LAN" filed December 1, 2003;

Provisional Application No. 60/526,356 entitled "Method, Apparatus, and System for Multiplexing Protocol data Units in a High Performance Wireless LAN Environment" filed December 1, 2003;

Provisional Application No. 60/532,791 entitled "Wireless Communications Medium Access Control (MAC) Enhancements" filed December 23, 2003;

Provisional Application No. 60/545,963 entitled "Adaptive Coordination Function (ACF)" filed February 18, 2004;

Provisional Application No. 60/576,545 entitled "Method and Apparatus for Robust Wireless Network" filed June 2, 2004;

Provisional Application No. 60/586,841 entitled "Method and Apparatus for Distribution Communication Resources Among Multiple Users" filed July 8, 2004; and

Provisional Application No. 60/600,960 entitled "Method, Apparatus, and System for Wireless Communications" filed August 11, 2004; all assigned to the assignee hereof and hereby expressly incorporated by reference herein.

BACKGROUND

Field

[0002] The present invention relates generally to communications, and more specifically to medium access control.

Background

[0003] Wireless communication systems are widely deployed to provide various types of communication such as voice and data. A typical wireless data system, or network, provides multiple users access to one or more shared resources. A system may use a variety of multiple access techniques such as Frequency Division Multiplexing (FDM), Time Division Multiplexing (TDM), Code Division Multiplexing (CDM), and others.

[0004] Example wireless networks include cellular-based data systems. The following are several such examples: (1) the "TIA/EIA-95-B Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System" (the IS-95 standard), (2) the standard offered by a consortium named "3rd Generation Partnership Project" (3GPP) and embodied in a set of documents including Document Nos. 3G TS 25.211, 3G TS 25.212, 3G TS 25.213, and 3G TS 25.214 (the W-CDMA standard), (3) the standard offered by a consortium named "3rd Generation Partnership Project 2" (3GPP2) and embodied in "TR-45.5 Physical Layer Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems" (the IS-2000 standard), and (4) the high data rate (HDR) system that conforms to the TIA/EIA/IS-856 standard (the IS-856 standard).

[0005] Other examples of wireless systems include Wireless Local Area Networks (WLANs) such as the IEEE 802.11 standards (i.e. 802.11 (a), (b), or (g)). Improvements over these networks may be achieved in deploying a Multiple Input Multiple Output (MIMO) WLAN comprising Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) modulation techniques. IEEE 802.11(e) has been introduced to improve upon some of the shortcomings of previous 802.11 standards.

[0006] As wireless system designs have advanced, higher data rates have become available. Higher data rates have opened up the possibility of advanced applications, among which are voice, video, fast data transfer, and various other applications. However, various applications may have differing requirements for their respective data transfer. Many types of data may have latency and throughput requirements, or need some Quality of Service (QoS) guarantee. Without resource management, the capacity of a system may be reduced, and the system may not operate efficiently.

[0007] Medium Access Control (MAC) protocols are commonly used to allocate a shared communication resource between a number of users. MAC protocols commonly interface higher layers to the physical layer used to transmit and receive data. To benefit from an increase in data rates, a MAC protocol must be designed to utilize the shared resource efficiently. It is also generally desirable to maintain interoperability with alternate or legacy communication standards. There is therefore a need in the art for MAC processing for efficient use of high throughput systems. There is a further need in the art for such MAC processing that is backward compatible with various types of legacy systems.

SUMMARY

[0008] Embodiments disclosed herein address the need for MAC processing for efficient use of high throughput systems and that is backward compatible with various types of legacy systems. In one aspect, a data frame is formed comprising a common portion for transmission in a format receivable by various stations, such as access points and remote stations. The data frame also comprises a dedicated portion, formatted for transmission to a specified remote station. In another aspect, the common portion is unsteered, and the dedicated portion is steered. In another aspect, an access point schedules an allocation in response to a data indication included in a common portion of a data frame transmitted from one remote station to another.

[0009] In another aspect, a first station transmits a reference to a second station, which measures the reference and generates feedback therefrom. Upon receiving the feedback from the second station, the first station transmits data to the second station in accordance with the feedback. Various other aspects are also presented.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0010] FIG. 1 is an example embodiment of a system including a high-speed WLAN;

[0011] FIG. 2 depicts an example embodiment of a wireless communication device, which may be configured as an access point or user terminal;

[0012] FIG. 3 depicts 802.11 interframe spacing parameters;

[0013] FIG. 4 depicts an example physical layer (PHY) transmission segment illustrating the use of DIFS plus backoff for access according to the DCF;

[0014] FIG. 5 depicts an example physical layer (PHY) transmission segment illustrating the use of SIFS before an ACK, with higher priority than a DIFS access;

- [0015] FIG. 6 illustrates segmenting large packets into smaller fragments with associated SIFS;
- [0016] FIG. 7 depicts an example physical layer (PHY) transmission segment illustrating a TXOP with per-frame acknowledgment;
- [0017] FIG. 8 illustrates a TXOP with block acknowledgment;
- [0018] FIG. 9 depicts an example physical layer (PHY) transmission segment illustrating a polled TXOP using HCCA;
- [0019] FIG. 10 is an example embodiment of a TXOP including multiple consecutive transmissions without any gaps;
- [0020] FIG. 11 depicts an example embodiment of a TXOP illustrating reducing the amount of preamble transmission required;
- [0021] FIG. 12 depicts an example embodiment of a method for incorporating various aspects, including consolidating preambles, removing gaps such as SIFS, and inserting GIFs as appropriate;
- [0022] FIG. 13 depicts an example physical layer (PHY) transmission segment illustrating consolidated polls and their respective TXOPs;
- [0023] FIG. 14 depicts an example embodiment of a method for consolidating polls;
- [0024] FIG. 15 illustrates an example MAC frame;
- [0025] FIG. 16 illustrates an example MAC PDU;
- [0026] FIG. 17 depicts an example peer-to-peer communication;
- [0027] FIG. 18 depicts a prior art physical layer burst;
- [0028] FIG. 19 depicts an example physical layer burst, which may be deployed for peer-peer transmission;
- [0029] FIG. 20 depicts an example embodiment of a MAC frame including an optional ad hoc segment;
- [0030] FIG. 21 depicts an example physical layer burst;
- [0031] FIG. 22 depicts an example method for peer-peer data transmission;
- [0032] FIG. 23 depicts an example method for peer-peer communication;
- [0033] FIG. 24 depicts an example method for providing rate feedback for use in peer-peer connection;
- [0034] FIG. 25 illustrates managed peer-peer connection between two stations and an access point;
- [0035] FIG. 26 illustrates a contention based (or ad hoc) peer-peer connection;

- [0036] FIG. 27 depicts an example MAC frame illustrating managed peer-peer communication between stations;
- [0037] FIG. 28 illustrates supporting both legacy and new class stations on the same frequency assignment;
- [0038] FIG. 29 illustrates the combination of legacy and new class media access control;
- [0039] FIG. 30 depicts an example method for earning a transmit opportunity;
- [0040] FIG. 31 depicts an example method for sharing a single FA with multiple BSSs;
- [0041] FIG. 32 illustrates overlapping BSSs using a single FA;
- [0042] FIG. 33 depicts an example method for performing high-speed peer-peer communication while interoperating with a legacy BSS;
- [0043] FIG. 34 illustrates peer-peer communication using MIMO techniques by contending for access on a legacy BSS;
- [0044] FIG. 35 depicts encapsulation of one or more MAC frames (or fragments) within an aggregated frame;
- [0045] FIG. 36 depicts a legacy MAC frame;
- [0046] FIG. 37 illustrates an example uncompressed frame;
- [0047] FIG. 38 illustrates an example compressed frame;
- [0048] FIG. 39 illustrates another example compressed frame;
- [0049] FIG. 40 illustrates an example Aggregation Header;
- [0050] FIG. 41 illustrates an example embodiment of a Scheduled Access Period Frame (SCAP) for use in the ACF;
- [0051] FIG. 42 illustrates how the SCAP may be used in conjunction with HCCA and EDCA;
- [0052] FIG. 43 illustrates Beacon intervals comprising a number of SCAPs interspersed with contention-based access periods;
- [0053] FIG. 44 illustrates low-latency operation with a large number of MIMO STAs;
- [0054] FIG. 45 illustrates an example SCHED message;
- [0055] FIG. 46 depicts an example Power Management field;
- [0056] FIG. 47 depicts an example MAP field;
- [0057] FIG. 48 illustrates example SCHED control frames for TXOP assignment;
- [0058] FIG. 49 depicts a legacy 802.11 PPDU;
- [0059] FIG. 50 depicts an example MIMO PPDU format for data transmissions;
- [0060] FIG. 51 depicts an example SCHED PPDU;

- [0061] FIG. 52 depicts an example FRACH PPDU; and
- [0062] FIG. 53 illustrates an alternative embodiment of a method of interoperability with legacy systems.

DETAILED DESCRIPTION

- [0063] Example embodiments are disclosed herein that support highly efficient operation in conjunction with very high bit rate physical layers for a wireless LAN (or similar applications that use newly emerging transmission technologies). The example WLAN supports bit rates in excess of 100 Mbps (million bits per second) in bandwidths of 20 MHz.
- [0064] Various example embodiments preserve the simplicity and robustness of the distributed coordination operation of legacy WLAN systems, examples of which are found in 802.11 (a-e). The advantages of the various embodiments may be achieved while maintaining backward compatibility with such legacy systems. (Note that, in the description below, 802.11 systems are described as example legacy systems. Those of skill in the art will recognize that the improvements are also compatible with alternate systems and standards.)
- [0065] An example WLAN may comprise a sub-network protocol stack. The sub-network protocol stack may support high data rate, high bandwidth physical layer transport mechanisms in general, including, but not limited to, those based on OFDM modulation, single carrier modulation techniques, systems using multiple transmit and multiple receive antennas (Multiple Input Multiple Output (MIMO) systems, including Multiple Input Single Output (MISO) systems) for very high bandwidth efficiency operation, systems using multiple transmit and receive antennas in conjunction with spatial multiplexing techniques to transmit data to or from multiple user terminals during the same time interval, and systems using code division multiple access (CDMA) techniques to allow transmissions for multiple users simultaneously. Alternate examples include Single Input Multiple Output (SIMO) and Single Input Single Output (SISO) systems.
- [0066] One or more exemplary embodiments described herein are set forth in the context of a wireless data communication system. While use within this context is advantageous, different embodiments of the invention may be incorporated in different environments or configurations. In general, the various systems described herein may be formed using software-controlled processors, integrated circuits, or discrete logic.

The data, instructions, commands, information, signals, symbols, and chips that may be referenced throughout the application are advantageously represented by voltages, currents, electromagnetic waves, magnetic fields or particles, optical fields or particles, or a combination thereof. In addition, the blocks shown in each block diagram may represent hardware or method steps. Method steps can be interchanged without departing from the scope of the present invention. The word “exemplary” is used herein to mean “serving as an example, instance, or illustration.” Any embodiment described herein as “exemplary” is not necessarily to be construed as preferred or advantageous over other embodiments.

[0067] FIG. 1 is an example embodiment of system 100, comprising an Access Point (AP) 104 connected to one or more User Terminals (UTs) 106A – N. In accordance with 802.11 terminology, in this document the AP and the UTs are also referred to as stations or STAs. The AP and the UTs communicate via Wireless Local Area Network (WLAN) 120. In the example embodiment, WLAN 120 is a high speed MIMO OFDM system. However, WLAN 120 may be any wireless LAN. Access point 104 communicates with any number of external devices or processes via network 102. Network 102 may be the Internet, an intranet, or any other wired, wireless, or optical network. Connection 110 carries the physical layer signals from the network to the access point 104. Devices or processes may be connected to network 102 or as UTs (or via connections therewith) on WLAN 120. Examples of devices that may be connected to either network 102 or WLAN 120 include phones, Personal Digital Assistants (PDAs), computers of various types (laptops, personal computers, workstations, terminals of any type), video devices such as cameras, camcorders, webcams, and virtually any other type of data device. Processes may include voice, video, data communications, etc. Various data streams may have varying transmission requirements, which may be accommodated by using varying Quality of Service (QoS) techniques.

[0068] System 100 may be deployed with a centralized AP 104. All UTs 106 communicate with the AP in one example embodiment. In an alternate embodiment, direct peer-to-peer communication between two UTs may be accommodated, with modifications to the system, as will be apparent to those of skill in the art, examples of which are illustrated below. Access may be managed by an AP, or ad hoc (i.e. contention based), as detailed below.

- [0069] In one embodiment, AP 104 provides Ethernet adaptation. In this case, an IP router may be deployed in addition to the AP to provide connection to network 102 (details not shown). Ethernet frames may be transferred between the router and the UTs 106 over the WLAN sub-network (detailed below). Ethernet adaptation and connectivity are well known in the art.
- [0070] In an alternate embodiment, the AP 104 provides IP Adaptation. In this case, the AP acts as a gateway router for the set of connected UTs (details not shown). In this case, IP datagrams may be routed by the AP 104 to and from the UTs 106. IP adaptation and connectivity are well known in the art.
- [0071] FIG. 2 depicts an example embodiment of a wireless communication device, which may be configured as an access point 104 or user terminal 106. An access point 104 configuration is shown in FIG. 2. Transceiver 210 receives and transmits on connection 110 according to the physical layer requirements of network 102. Data from or to devices or applications connected to network 102 are delivered to MAC processor 220. These data are referred to herein as flows 260. Flows may have different characteristics and may require different processing based on the type of application associated with the flow. For example, video or voice may be characterized as low-latency flows (video generally having higher throughput requirements than voice). Many data applications are less sensitive to latency, but may have higher data integrity requirements (i.e., voice may be tolerant of some packet loss, file transfer is generally intolerant of packet loss).
- [0072] MAC processor 220 receives flows 260 and processes them for transmission on the physical layer. MAC processor 220 also receives physical layer data and processes the data to form packets for outgoing flows 260. Internal control and signaling is also communicated between the AP and the UTs. MAC Protocol Data Units (MAC PDUs), also referred to as Physical layer (PHY) Protocol Data Units (PPDUs), or frames (in 802.11 parlance) are delivered to and received from wireless LAN transceiver 240 on connection 270. Example techniques for conversion from flows and commands to MAC PDUs, and vice versa, are detailed below. Alternate embodiments may employ any conversion technique. Feedback 280 corresponding to the various MAC IDs may be returned from the physical layer (PHY) 240 to MAC processor 220 for various purposes. Feedback 280 may comprise any physical layer information, including supportable rates for channels (including multicast as well as unicast channels), modulation format, and various other parameters.

[0073] In an example embodiment, the Adaptation layer (ADAP) and Data Link Control layer (DLC) are performed in MAC processor 220. The physical layer (PHY) is performed on wireless LAN transceiver 240. Those of skill in the art will recognize that the segmentation of the various functions may be made in any of a variety of configurations. MAC processor 220 may perform some or all of the processing for the physical layer. A wireless LAN transceiver may include a processor for performing MAC processing, or subparts thereof. Any number of processors, special purpose hardware, or combination thereof may be deployed.

[0074] MAC processor 220 may be a general-purpose microprocessor, a digital signal processor (DSP), or a special-purpose processor. MAC processor 220 may be connected with special-purpose hardware to assist in various tasks (details not shown). Various applications may be run on externally connected processors, such as an externally connected computer or over a network connection, may run on an additional processor within access point 104 (not shown), or may run on MAC processor 220 itself. MAC processor 220 is shown connected with memory 255, which may be used for storing data as well as instructions for performing the various procedures and methods described herein. Those of skill in the art will recognize that memory 255 may be comprised of one or more memory components of various types, that may be embedded in whole or in part within MAC processor 220.

[0075] In addition to storing instructions and data for performing functions described herein, memory 255 may also be used for storing data associated with various queues.

[0076] Wireless LAN transceiver 240 may be any type of transceiver. In an example embodiment, wireless LAN transceiver 240 is an OFDM transceiver, which may be operated with a MIMO or MISO interface. OFDM, MIMO, and MISO are known to those of skill in the art. Various example OFDM, MIMO and MISO transceivers are detailed in co-pending U.S. Patent Application Serial No. 10/650,295, entitled "FREQUENCY-INDEPENDENT SPATIAL-PROCESSING FOR WIDEBAND MISO AND MIMO SYSTEMS", filed August 27, 2003, assigned to the assignee of the present invention. Alternate embodiments may include SIMO or SISO systems.

[0077] Wireless LAN transceiver 240 is shown connected with antennas 250 A-N. Any number of antennas may be supported in various embodiments. Antennas 250 may be used to transmit and receive on WLAN 120.

[0078] Wireless LAN transceiver 240 may comprise a spatial processor connected to each of the one or more antennas 250. The spatial processor may process the data for

transmission independently for each antenna or jointly process the received signals on all antennas. Examples of the independent processing may be based on channel estimates, feedback from the UT, channel inversion, or a variety of other techniques known in the art. The processing is performed using any of a variety of spatial processing techniques. Various transceivers of this type may use beam forming, beam steering, eigen-steering, or other spatial techniques to increase throughput to and from a given user terminal. In an example embodiment, in which OFDM symbols are transmitted, the spatial processor may comprise sub-spatial processors for processing each of the OFDM subchannels, or bins.

[0079] In an example system, the AP may have N antennas, and an example UT may have M antennas. There are thus $M \times N$ paths between the antennas of the AP and the UT. A variety of spatial techniques for improving throughput using these multiple paths are known in the art. In a Space Time Transmit Diversity (STTD) system (also referred to herein as “diversity”), transmission data is formatted and encoded and sent across all the antennas as a single stream of data. With M transmit antennas and N receive antennas there may be $\text{MIN}(M, N)$ independent channels that may be formed. Spatial multiplexing exploits these independent paths and may transmit different data on each of the independent paths, to increase the transmission rate.

[0080] Various techniques are known for learning or adapting to the characteristics of the channel between the AP and a UT. Unique pilots may be transmitted from each transmit antenna. The pilots are received at each receive antenna and measured. Channel state information feedback may then be returned to the transmitting device for use in transmission. Eigen decomposition of the measured channel matrix may be performed to determine the channel eigenmodes. An alternate technique, to avoid eigen decomposition of the channel matrix at the receiver, is to use eigen-steering of the pilot and data to simplify spatial processing at the receiver.

[0081] Thus, depending on the current channel conditions, varying data rates may be available for transmission to various user terminals throughout the system. In particular, the specific link between the AP and each UT may be higher performance than a multicast or broadcast link that may be shared from the AP to more than one UT. Examples of this are detailed further below. The wireless LAN transceiver 240 may determine the supportable rate based on whichever spatial processing is being used for the physical link between the AP and the UT. This information may be fed back on connection 280 for use in MAC processing.

[0082] The number of antennas may be deployed depending on the UT's data needs as well as size and form factor. For example, a high definition video display may comprise, for example, four antennas, due to its high bandwidth requirements, while a PDA may be satisfied with two. An example access point may have four antennas.

[0083] A user terminal 106 may be deployed in similar fashion to the access point 104 depicted in FIG. 2. Rather than having flows 260 connect with a LAN transceiver (although a UT may include such a transceiver, either wired or wireless), flows 260 are generally received from or delivered to one or more applications or processes operating on the UT or a device connected therewith. The higher levels connected to either AP 104 or UT 106 may be of any type. Layers described herein are illustrative only.

Legacy 802.11 MAC

[0084] As mentioned above, various embodiments detailed herein may be deployed so as to be compatible with legacy systems. The IEEE 802.11(e) feature set (which is turn backward compatible with earlier 802.11 standards), includes various features that will be summarized in this section, along with features introduced in earlier standards. For a detailed description of these functions, refer to the respective IEEE 802.11 standard.

[0085] The basic 802.11 MAC consists of a Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance (CSMA/CA) based Distributed Coordination Function (DCF) and a Point Coordination Function (PCF). The DCF allows for access of the medium without central control. The PCF is deployed at an AP to provide central control. The DCF and PCF utilize various gaps between consecutive transmissions to avoid collisions. Transmissions are referred to as frames, and a gap between frames is referred to as an Interframe Spacing (IFS). Frames may be user data frames, control frames or management frames.

[0086] Interframe spacing time durations vary depending on the type of gap inserted. FIG. 3 depicts 802.11 interframe spacing parameters: a Short Interframe Spacing (SIFS), a Point Interframe Spacing (PIFS), and a DCF Interframe Spacing (DIFS). Note that $SIFS < PIFS < DIFS$. Thus, a transmission following a shorter time duration will have a higher priority than one which must wait longer before attempting to access the channel.

[0087] According to the carrier sense (CSMA) feature of CSMA/CA, a station (STA) may gain access to the channel after sensing the channel to be idle for at least a DIFS

duration. (As used herein, the term STA may refer to any station accessing a WLAN, and may include access points as well as user terminals). To avoid collision, each STA waits a randomly selected backoff in addition to DIFS before accessing the channel. STAs with a longer backoff will notice when a higher priority STA begins transmitting on the channel, and will thus avoid colliding with that STA. (Each waiting STA may reduce its respective backoff by the amount of time it waited before sensing an alternate transmission on the channel, thus maintaining its relative priority.) Thus, following the collision avoidance (CA) feature of the protocol, the STA backs-off a random period of time between $[0, CW]$ where CW is initially chosen to be CW_{min} , but increases by a factor of two at every collision, until a maximum value of CW_{max} .

[0088] FIG. 4 depicts example physical layer (PHY) transmission segment 400, which illustrates the use of DIFS plus backoff for access according to the DCF. An existing transmission 410 utilizes the channel. When transmission 410 terminates, in this example, no higher priority accesses occur, and so new transmission 420 begins after DIFS and the associated backoff period. In the discussion below, the STA making transmission 420 is said to have earned this opportunity to transmit, in this case through contention.

[0089] SIFS is used during a frame sequence in which only a specific STA is expected to respond to the current transmission. For example, when an Acknowledgement (ACK) is transmitted in response to a received frame of data, that ACK may be transmitted immediately following the received data plus SIFS. Other transmission sequences may also use SIFS between frames. A Request To Send (RTS) frame may be followed after SIFS with a Clear To Send (CTS) frame, then the data may be transmitted a SIFS after the CTS, after which an ACK may follow the data after SIFS. As noted, such frame sequences are all interspersed with SIFS. The SIFS duration may be used for (a) the detection of energy on the channel, and to determine whether energy has gone away (i.e., the channel clears), (b) time to decode the previous message and determine whether an ACK frame will indicate the transmission was received correctly, and (c) time for the STA transceivers to switch from receive to transmit, and vice versa.

[0090] FIG. 5 depicts example physical layer (PHY) transmission segment 500, which illustrates the use of SIFS before an ACK, with higher priority than a DIFS access. An existing transmission 510 utilizes the channel. When transmission 510 terminates, in this example, ACK 520 follows the end of transmission 510 after a SIFS. Note that ACK 520 begins before a DIFS expires, thus any other STAs attempting to earn a

transmission would not succeed. In this example, after the ACK 520 completes, no higher priority accesses occur, and so new transmission 530 begins after DIFS and the associated backoff period, if any.

[0091] The RTS/CTS frame sequence (in addition to providing flow control features) may be used to improve protection for the data frame transmission. The RTS and CTS contain duration information for the subsequent data frame and ACK and any intervening SIFS. STAs hearing either the RTS or the CTS mark out the occupied duration on their Network Allocation Vector (NAV) and treat the medium as busy for the duration. Typically, frames longer than a specified length are protected with RTS/CTS, while shorter frames are transmitted unprotected.

[0092] The PCF may be used to allow an AP to provide centralized control of the channel. An AP may gain control of the medium after sensing the medium to be idle for a PIFS duration. The PIFS is shorter than the DIFS and thus has higher priority than DIFS. Once the AP has gained access to the channel it can provide contention-free access opportunities to other STAs and thus improve MAC efficiency compared to DCF. Note that SIFS has higher priority than PIFS, so the PCF must wait until any SIFS sequences complete before taking control of the channel.

[0093] Once the AP gains access to the medium using the PIFS it can establish a Contention-Free Period (CFP) during which the AP can provide polled access to associated STAs. The contention-free poll (CF-Poll), or simply poll, is transmitted by the AP and is followed by a transmission from the polled STA to the AP. Once again, the STA must wait for a SIFS duration following the CF-Poll, although the polled STA need not wait for DIFS, or any backoff. 802.11(e) introduced various enhancements, including enhancements to polling, an example of which is detailed further below with respect to FIG. 9.

[0094] The Beacon transmitted by the AP establishes the duration of the CFP. This is similar to using RTS or CTS to prevent contention access. However, hidden terminal problems can still occur from terminals that are unable to hear the Beacon, but whose transmissions may interfere with transmissions scheduled by the AP. Further protection is possible through the use of a CTS-to-self by each terminal that begins a transmission in the CFP.

[0095] ACKs and CF-Polls are permitted to be included in one frame, and may be included with data frames to improve MAC efficiency. Note that the $SIFS < PIFS < DIFS$ relationship provides a deterministic priority mechanism for channel access. The

contention access between STAs in the DCF is probabilistic based on the back-off mechanism.

[0096] Early 802.11 standards also provided for segmenting large packets into smaller fragments. One benefit of such segmenting is that an error in a segment requires less retransmission than an error in a larger packet. One drawback of segmenting in these standards is, for acknowledged transmission, the requirement of transmitting an ACK for each segment, with the additional SIFS that correspond to the additional ACK transmissions and fragment transmissions. This is illustrated in FIG. 6. The example physical layer (PHY) transmission segment 600 illustrates the transmission of N segments and their respective acknowledgement. Existing transmission 610 is transmitted. At the end of transmission 610, a first STA waits DIFS 620 and backoff 630 to earn access to the channel. The first STA transmits N fragments 640A – 640N to a second STA, after which N respective delays of SIFS 650A – 650N must transpire. The second STA transmits N ACK frames 660A – 660N. Between each fragment, the first STA must wait SIFS, so there are N-1 SIFS 670A – 670N-1 as well. Thus, in contrast to sending one packet, one ACK, and one SIFS, a segmented packet requires the same time of packet transmission, with N ACKs and 2N-1 SIFS.

[0097] The 802.11(e) standard adds enhancements to improve on the prior MAC from 802.11(a), (b), and (g). 802.11(g) and (a) are both OFDM systems, which are very similar, but operate in different bands. Various features of lower speed MAC protocols, such as 802.11(b), were carried forward to systems with much higher bit rates, introducing inefficiencies, detailed further below.

[0098] In 802.11(e), the DCF is enhanced and referred to as the Enhanced Distributed Channel Access (EDCA). The primary Quality of Service (QoS) enhancements of the EDCA are the introduction of an Arbitration Interframe Spacing (AIFS). AIFS[i] is associated with a Traffic Class (TC) identified with index i. The AP may use AIFS[i] values different from the AIFS[i] values that are allowed to be used by the other STAs. Only the AP may use an AIFS[i] value that is equal to the PIFS. Otherwise AIFS[i] is greater than or equal to DIFS. By default, the AIFS for “voice” and “video” traffic classes is chosen to be equal to DIFS. A larger AIFS implying lower priority is chosen for traffic classes “best effort” and “background”.

[0099] The size of contention window is also made a function of the TC. The highest priority class is permitted to set the CW=1, i.e., no backoff. For other TCs, the different

contention window sizes provide a probabilistic relative priority, but cannot be used to achieve delay guarantees.

[00100] 802.11(e) introduced the Transmission Opportunity (TXOP). To improve MAC efficiency, when a STA acquires the medium through EDCA or through a polled access in HCCA, the STA may be permitted to transmit more than a single frame. The one or more frames are referred to as the TXOP. The maximum length of a TXOP on the medium depends on the traffic class and is established by the AP. Also, in the case of a polled TXOP, the AP indicates the permitted duration of the TXOP. During the TXOP, the STA can transmit a series of frames, interspersed with SIFS and ACKs from the destination. In addition to removing the need to wait DIFS plus backoff for each frame, the STA having earned a TXOP has certainty that it can retain the channel for subsequent transmissions.

[00101] During the TXOP, ACKs from the destination may be per frame (as in earlier 802.11 MACs), or may use an immediate or delayed block ACK as discussed below. Also, a no ACK policy is permitted for certain traffic flows, e.g., broadcast or multicast.

[00102] FIG. 7 depicts example physical layer (PHY) transmission segment 700, illustrating a TXOP with per-frame acknowledgment. An existing transmission 710 is transmitted. Following the transmission 710, and after waiting DIFS 720 and backoff 730, if any, a STA earns TXOP 790. TXOP 790 comprises N frames 740A – 740N, each frame followed by N respective SIFS 750A – 750N. The receiving STA responds with N respective ACKs 760A – 760N. The ACKs 760 are followed by N-1 SIFS 770A – 770N-1. Note that each frame 740 comprises a preamble 770 as well as header and packet 780. Example embodiments, detailed below, allow for greatly reducing the amount of transmission time reserved for preambles.

[00103] FIG. 8 illustrates a TXOP 810 with block acknowledgment. The TXOP 810 may be earned through contention or polling. TXOP 810 comprises N frames 820A – 820N, each frame followed by N respective SIFS 830A – 830N. Following the transmission of frames 820 and SIFS 830, a block ACK request 840 is transmitted. The receiving STA responds to the block ACK request at a time in the future. The Block ACK may be immediate following the completion of the transmission of a block of frames, or may be delayed to permit receiver processing in software.

[00104] Example embodiments, detailed below, allow for greatly reducing the amount of transmission time between frames (SIFS in this example). In some embodiments, there is no need to delay between consecutive transmissions (i.e. frames).

- [00105] Note that, in 802.11(a) and other standards, for certain transmission formats, a signal extension is defined which adds additional delay to the end of each frame. While not technically included in the definition of SIFS, various embodiments, detailed below, also allow for the removal of the signal extensions.
- [00106] The Block ACK feature provides improved efficiency. In one example, up to 64 MAC Service Data Units (SDUs) (each possibly fragmented to 16 fragments) corresponding to 1024 frames may be transmitted by a STA, while the destination STA is permitted to provide a single response at the end of the block of frames indicating the ACK status of each of the 1024 frames. Typically, at high rates, the MAC SDU will not be fragmented, and for low latency, fewer than 64 MAC SDUs may be transmitted before requiring a Block ACK from the destination. In such a case, to transmit M frames, the total time is reduced from M frames + M SIFS + M ACKs + M-1 SIFS, to M frames + M SIFS + Block ACK. Embodiments detailed below improve on the block ACK efficiency even further.
- [00107] The Direct Link Protocol (DLP), introduced by 802.11(e), allows a STA to forward frames directly to another destination STA within a Basic Service Set (BSS) (controlled by the same AP). The AP may make a polled TXOP available for this direct transfer of frames between STAs. Prior to the introduction of this feature, during polled access, the destination of frames from the polled STA was always the AP, which would in turn forward the frames to the destination STA. By eliminating the two-hop frame forwarding, medium efficiency is improved. Embodiments detailed further below add substantial efficiency to DLP transfers.
- [00108] 802.11(e) also introduces an enhanced PCF, called the Hybrid Coordination Function (HCF). In HCF Controlled Channel Access (HCCA), the AP is allowed to access the channel at any time either to establish a Controlled Access Phase (CAP), which is like the CFP and is used to provide transmission opportunities at any time during the contention phase, not only immediately following the Beacon. The AP accesses the medium by waiting for a PIFS with no back-off.
- [00109] FIG. 9 depicts example physical layer (PHY) transmission segment 800, illustrating a polled TXOP using HCCA. In this example, the AP contends for the poll. An existing transmission 910 is transmitted. Following the transmission 910, the AP waits PIFS, and then transmits poll 920, addressed to a STA. Note that other STAs contending for the channel would have to wait at least DIFS, which does not occur due to the transmitted poll 920, as shown. The polled STA transmits polled TXOP 940

following the poll 920 and SIFS 930. The AP may continue to poll, waiting PIFS between each polled TXOP 940 and poll 920. In an alternate scenario, the AP may establish a CAP by waiting PIFS from a transmission 910. The AP may transmit one or more polls during the CAP.

MAC Improvements

[00110] As described above, various inefficient features of prior MACs were brought forward to later versions. For example, very long preambles, designed for 11 Mbps vs. 64 Mbps, introduce inefficiency. As the MAC Protocol Data Unit (MPDU) keeps shrinking as rates increase, keeping the various interframe spacings and/or preambles constant means a corresponding decrease in channel utilization. For example, a high data rate MIMO MPDU transmission may be just a few microseconds in length, compared to 802.11(g), which has a 72 μ s preamble. Eliminating or reducing delays, such as SIFS, signal extensions, and/or preambles will increase throughput and utilization of the channel.

[00111] FIG. 10 is an example embodiment of a TXOP 1010 including multiple consecutive transmissions without any gaps. TXOP 1010 comprises N frames 1020A – 1020N which are transmitted sequentially without any gaps (compare this with the SIFS required in TXOP 810, depicted in FIG. 8). The number of frames in the TXOP is limited only by the buffer and the decoding capability of the receiver. When a STA is transmitting consecutive frames with a Block ACK in a TXOP 1010, it is unnecessary to intersperse SIFS durations since no other STA needs to gain access to the medium in between consecutive frames. An optional block ACK request 1030 is appended to the N frames. Certain classes of traffic may not require acknowledgement. A block ACK request may be responded to immediately following the TXOP, or may be transmitted at a later time. The frames 1020 do not require signal extensions. TXOP 1010 may be deployed in any of the embodiments detailed herein where a TXOP is called for.

[00112] As shown in FIG. 10, the transmission of SIFS between consecutive frames in a TXOP, when all frames are transmitted by the same STA, may be eliminated. In 802.11(e), such gaps were retained to limit the complexity requirement at the receiver. In the 802.11(e) standard, the 10 μ s SIFS period and the 6 μ s OFDM signal extension provide the receiver with a total of 16 μ s for processing the received frame (including demodulation and decoding). However, at large PHY rates, this 16 μ s results in

significant inefficiency. In some embodiments, with the introduction of MIMO processing, even the 16 μ s may be insufficient to complete processing. Instead, in this example embodiment, the SIFS and OFDM signal extension between consecutive transmissions from one STA to the AP or to another STA (using the Direct Link Protocol) are eliminated. Thus, a receiver requiring an additional period after the completion of the transmission, for MIMO receiver processing and channel decoding (e.g. turbo/convolutional/LDPC decoding) may perform those functions while the medium is utilized for additional transmission. An acknowledgment may be transmitted at a later time, as described above (using block ACK, for example).

[00113] Due to different propagation delays between STAs, transmissions between different pairs of STAs may be separated by guard periods to avoid collisions at a receiver between consecutive transmissions on the medium from different STAs (not shown in FIG. 10, but detailed further below). In an example embodiment, a guard period of one OFDM symbol (4 μ s) is sufficient for all operating environments for 802.11. Transmissions from the same STA to different destination STAs do not need to be separated by guard periods (as shown in FIG. 10). Detailed further below, these guard periods may be referred to as Guardband Interframe Spacings (GIFS).

[00114] Instead of using SIFS and/or signal extension, the required receiver processing time (for MIMO processing and decoding, for example) may be provided through the use of a window-based ARQ scheme (e.g. go back N or selective repeat), techniques known to those of skill in the art. The stop-and-wait MAC layer ACK of legacy 802.11 has been enhanced in 802.11(e) to a window-like mechanism with up to 1024 frames and Block ACK, in this example. It may be preferable to introduce a standard window-based ARQ mechanism rather than the ad-hoc Block ACK scheme designed in 802.11(e).

[00115] The maximum permitted window may be determined by receiver processing complexity and buffering. The transmitter may be permitted to transmit enough data to fill the receiver window at the peak PHY rate achievable between the transmitter-receiver pair. For example, since the receiver processing may not be able to keep up with the PHY rate, the receiver may need to store soft demodulator outputs until they can be decoded. Therefore, the buffering requirements for physical layer processing at the peak PHY rate may be used to determine the maximum permitted window.

[00116] In an example embodiment, the receiver may advertise the maximum permitted PHY block size that it can process at a given PHY rate without overflowing its physical

layer buffers. Alternately, the receiver may advertise the maximum permitted PHY block size that it can process at the maximum PHY rate without overflowing its physical layer buffers. At lower PHY rates, longer block sizes may be processed without buffer overflow. A known formula may be used by transmitters to compute the maximum permitted PHY block size for a given PHY rate, from the advertised maximum permitted PHY block size at the maximum PHY rate.

[00117] If the advertised maximum PHY block size is a static parameter, then the amount of time before the physical layer buffers may be processed and the receiver is ready for the next PHY burst is another receiver parameter that may be known at the transmitter and also at the scheduler. Alternately, the advertised maximum PHY block size may be varied dynamically according to the occupancy of the physical layer buffers.

[00118] The receiver processing delay may be used to determine the round-trip delay for the ARQ, which in turn may be used to determine the delays seen by the applications. Therefore, to enable low-latency services, the permitted PHY block size may be limited.

[00119] FIG. 11 depicts an example embodiment of a TXOP 1110 illustrating reducing the amount of preamble transmission required. TXOP 1110 comprises preamble 1120 followed by N consecutive transmissions 1130A – 1130N. An optional block ACK request 1140 may be appended. In this example, a transmission 1130 comprises a header and a packet. Contrast TXOP 1110 with TXOP 790 of FIG. 7, in which each frame 740 comprises a preamble, in addition to the header and packet. By sending a single preamble, the required preamble transmission is one preamble instead of N preambles, for the same amount of transmitted data.

[00120] Thus, the preamble 1120 may be eliminated from successive transmissions. The initial preamble 1120 may be used by the receiver to acquire the signal, as well as for fine frequency acquisition for OFDM. For MIMO transmissions, the initial preamble 1120 may be extended compared to the current OFDM preamble to enable the receiver to estimate the spatial channels. However, subsequent frames within the same TXOP may not require additional preambles. Pilot tones within the OFDM symbols are generally sufficient for signal tracking. In an alternate embodiment, additional (preamble-like) symbols may be interspersed periodically during the TXOP 1110. However, the overall preamble overhead may be significantly reduced. The preamble may be sent only as necessary, and may be sent differently based on the amount of time elapsed since a previously transmitted preamble.

[00121] Note that the TXOP 1110 may incorporate features of legacy systems as well. For example, the block ACK is optional. More frequent ACKs may be supported. Even so, a lesser gap, such as GIFS, may be substituted for the longer SIFS (plus signal extension, if used). The consecutive transmissions 1130 may also include segments of a larger packet, as described above. Note further that the header for consecutive transmissions 1130 to the same receiving STA may be compressed. An example of compressing headers is detailed further below.

[00122] FIG. 12 depicts an example embodiment of a method 1200 for incorporating various aspects just described, including consolidating preambles, removing gaps such as SIFS, and inserting GIFs as appropriate. The process begins in block 1210, where a STA earns a TXOP using any of the techniques detailed herein. In block 1220, a preamble is transmitted as necessary. Again, the preamble may be longer or shorter than a legacy preamble, and may vary depending on various parameters such as time elapsed since the last transmitted preamble as necessary to enable the receiving STA to estimate the MIMO spatial channel. In block 1230, the STA transmits one or more packets (or, more generally, consecutive transmissions of any kind), to a destination. Note that additional preambles need not be transmitted. In an alternate embodiment, one or more additional preambles may optionally be transmitted, or a preamble-like symbol may be interspersed as desired. In block 1240, the STA may optionally transmit to an additional receiving STA. In this case, a GIFS is inserted as necessary, and one or more consecutive transmissions may be transmitted to the additional receiving STA. Then the process may stop. In various embodiments, the STA may continue to transmit to more than two STAs, inserting GIFS and/or preambles as required for the desired level of performance.

[00123] Hence, as described above, MAC efficiency may be further improved by consolidating transmissions from a STA to multiple destination STAs into consecutive transmissions, thus eliminating many or all of the guard periods and reducing preamble overhead. A single preamble (or pilot transmission) may be used for multiple consecutive transmissions from the same STA to different destination STAs.

[00124] Additional efficiency may be gained through poll consolidation. In one example embodiment, several polls may be consolidated into a control channel, examples of which are detailed below. In one example, the AP may transmit to multiple destination STAs a signal including poll messages to assign TXOPs. By contrast, in 802.11(e), each TXOP is preceded by a CF-Poll from the AP followed by a SIFS. Improved

efficiency results when several such CF-Poll messages are consolidated into a single control channel message (referred to as a SCHED message in an example embodiment, detailed below) used to assign several TXOPs. In a general embodiment, any period of time may be allocated for consolidated polls and their respective TXOPs. An example embodiment is detailed below with respect to FIG. 15, and further examples are also included herein.

[00125] A control channel (i.e. SCHED) message may be encoded with a tiered rate structure to further improve efficiency. Accordingly, a poll message to any STA may be encoded according to the channel quality between the AP and the STA. The order of transmission of poll messages need not be the order of the assigned TXOPs, but may be ordered according to coding robustness.

[00126] FIG. 13 depicts example physical layer (PHY) transmission segment 1300, illustrating consolidated polls and their respective TXOPs. Consolidated polls 1310 are transmitted. The polls may be transmitted using a control channel structure, examples of which are detailed herein, or may be transmitted using myriad alternate techniques, which will be readily apparent to one of skill in the art. In this example, to eliminate the need for interframe spacing between the polls and any forward link TXOPs, forward link TXOPs 1320 are transmitted directly after the consolidated polls 1310. Subsequent to the forward link TXOPs 1320, various reverse link TXOPs 1330A – 1330N are transmitted, with GIFS 1340 inserted as appropriate. Note that GIFS need not be included when sequential transmissions from one STA are made (similar to the lack of GIFS requirement for forward link transmissions emanating from the AP to various STAs). In this example, reverse link TXOPs include STA to STA (i.e. peer to peer) TXOPs (using DLP, for example). Note that the order of transmission shown is for illustration only. Forward and reverse link TXOPs (including peer to peer transmission) may be interchanged, or interspersed. Some configurations may not result in the elimination of as many gaps as other configurations. Those of skill in the art will readily adapt myriad alternate embodiments in light of the teaching herein.

[00127] FIG. 14 depicts an example embodiment of a method 1400 for consolidating polls. The process begins in block 1410, where channel resources are allocated into one or more TXOPs. Any scheduling function may be deployed to make the TXOP allocation determination. In block 1420, polls for assigning TXOPs according to the allocation are consolidated. In block 1430, the consolidated polls are transmitted to one or more STAs on one or more control channels (i.e. the CTRLJ segments of the SCHED

message, in an example embodiment detailed below). In an alternate embodiment, any messaging technique may be deployed to transmit the consolidated polls. In block 1440, STAs transmit TXOPs according to the polled allocations in the consolidated polls. Then the process may stop. This method may be deployed in conjunction with consolidated poll intervals of any length, which may comprise all or part of the system Beacon interval. Consolidated polling may be used intermittently with contention based access, or legacy polling, as described above. In an example embodiment, method 1400 may be repeated periodically, or in accordance with other parameters, such as system loading or data transmission demand.

[00128] An example embodiment of a MAC protocol illustrating various aspects is detailed with respect to FIGS. 15 and 16. This MAC protocol is detailed further in co-pending U.S. Patent Application Serial Nos. XX/XXX,XXX, XX/XXX,XXX, and XX/XXX,XXX (Attorney Docket Nos. 030428, 030433, 030436) entitled "WIRELESS LAN PROTOCOL STACK," filed concurrently herewith, assigned to the assignee of the present invention.

[00129] An example TDD MAC frame interval 1500 is illustrated in FIG. 15. The use of the term TDD MAC frame interval in this context refers to the period of time in which the various transmission segments detailed below are defined. The TDD MAC frame interval 1500 is distinguished from the generic use of the term frame to describe a transmission in an 802.11 system. In 802.11 terms, TDD MAC frame interval 1500 may be analogous to the Beacon interval or a fraction of the Beacon interval. The parameters detailed with respect to FIGS. 15 and 16 are illustrative only. One of ordinary skill in the art will readily adapt this example to myriad alternate embodiments, using some or all of the components described, and with various parameter values. MAC function 1500 is allocated among the following transport channel segments: broadcast, control, forward and reverse traffic (referred to as the downlink phase and uplink phase, respectively), and random access.

[00130] In the example embodiment, a TDD MAC frame interval 1500 is Time Division Duplexed (TDD) over a 2 ms time interval, divided into five transport channel segments 1510 – 1550 as shown. Alternate orders and differing frame sizes may be deployed in alternate embodiments. Durations of allocations on the TDD MAC frame interval 1500 may be quantized to some small common time interval.

[00131] The example five transport channels within TDD MAC frame interval 1500 include: (a) the Broadcast Channel (BCH) 1510, which carries the Broadcast Control

Channel (BCCH); (b) the Control Channel (CCH) 1520, which carries the Frame Control Channel (FCCH) and the Random Access Feedback Channel (RFCH) on the forward link; (c) the Traffic Channel (TCH), which carries user data and control information, and is subdivided into (i) the Forward Traffic Channel (F-TCH) 1530 on the forward link and (ii) the Reverse Traffic Channel (R-TCH) 1540 on the reverse link; and (d) the Random Access Channel (RCH) 1550, which carries the Access Request Channel (ARCH) (for UT access requests). A pilot beacon is transmitted as well in segment 1510.

[00132] The downlink phase of frame 1500 comprises segments 1510 – 1530. The uplink phase comprises segments 1540-1550. Segment 1560 indicates the beginning of a subsequent TDD MAC frame interval. An alternate embodiment encompassing peer-to-peer transmission is illustrated further below.

[00133] The Broadcast Channel (BCH) and beacon 1510 is transmitted by the AP. The first portion of the BCH 510 contains common physical layer overhead, such as pilot signals, including timing and frequency acquisition pilot. In an example embodiment, the beacon consists of 2 short OFDM symbols used for frequency and timing acquisition by the UTs followed by 8 short OFDM symbols of common MIMO pilot used by the UTs to estimate the channel.

[00134] The second portion of the BCH 1510 is the data portion. The BCH data portion defines the allocation of the TDD MAC frame interval with respect to the transport channel segments: CCH 1520, F-TCH 1530, R-TCH 1540 and RCH 1550, and also defines the composition of the CCH with respect to subchannels. In this example, the BCH 1510 defines the coverage of the wireless LAN 120, and so is transmitted in the most robust data transmission mode available. The length of the entire BCH is fixed. In an example embodiment, the BCH defines the coverage of a MIMO-WLAN, and is transmitted in Space Time Transmit Diversity (STTD) mode using rate 1/4 coded Binary Phase Shift Keying (BPSK). In this example, the length of the BCH is fixed at 10 short OFDM symbols. Various other signaling techniques may be deployed in alternate embodiments.

[00135] The Control Channel (CCH) 1520, transmitted by the AP, defines the composition of the remainder of the TDD MAC frame interval, and illustrates the use of consolidated polls. The CCH 1520 is transmitted using highly robust transmission modes in multiple subchannels, each subchannel with a different data rate. The first subchannel is the most robust and is expected to be decodable by all the UTs. In an

example embodiment, rate 1/4 coded BPSK is used for the first CCH sub-channel. Several other subchannels with decreasing robustness (and increasing efficiency) are also available. In an example embodiment, up to three additional sub-channels are used. Each UT attempts to decode all subchannels in order until a decoding fails. The CCH transport channel segment in each frame is of variable length, the length depending on the number of CCH messages in each subchannel. Acknowledgments for reverse link random access bursts are carried on the most robust (first) subchannel of the CCH.

[00136] The CCH contains assignments of physical layer bursts on the forward and reverse links, (analogous to consolidated polls for TXOPs). Assignments may be for transfer of data on the forward or reverse link. In general, a physical layer burst assignment comprises: (a) a MAC ID; (b) a value indicating the start time of the allocation within the frame (in the F-TCH or the R-TCH); (c) the length of the allocation; (d) the length of the dedicated physical layer overhead; (e) the transmission mode; and (f) the coding and modulation scheme to be used for the physical layer burst.

[00137] Other example types of assignments on the CCH include: an assignment on the reverse link for the transmission of a dedicated pilot from a UT, or an assignment on the reverse link for the transmission of buffer and link status information from a UT. The CCH may also define portions of the frame that are to be left unused. These unused portions of the frame may be used by UTs to make noise floor (and interference) estimates as well as to measure neighbor system beacons.

[00138] The Random Access Channel (RCH) 1550 is a reverse link channel on which a UT may transmit a random access burst. The variable length of the RCH is specified for each frame in the BCH.

[00139] The Forward Traffic Channel (F-TCH) 1530 comprises one or more physical layer bursts transmitted from the AP 104. Each burst is directed to a particular MAC ID as indicated in the CCH assignment. Each burst comprises dedicated physical layer overhead, such as a pilot signal (if any) and a MAC PDU transmitted according to the transmission mode and coding and modulation scheme indicated in the CCH assignment. The F-TCH is of variable length. In an example embodiment, the dedicated physical layer overhead may include a dedicated MIMO pilot. An example MAC PDU is detailed with respect to FIG. 16.

[00140] The Reverse Traffic Channel (R-TCH) 1540 comprises physical layer burst transmissions from one or more UTs 106. Each burst is transmitted by a particular UT as indicated in the CCH assignment. Each burst may comprise a dedicated pilot

preamble (if any) and a MAC PDU transmitted according to the transmission mode and coding and modulation scheme indicated in the CCH assignment. The R-TCH is of variable length.

[00141] In the example embodiment, the F-TCH 530, the R-TCH 540, or both, may use spatial multiplexing or code division multiple access techniques to allow simultaneous transmission of MAC PDUs associated with different UTs. A field containing the MAC ID with which the MAC PDU is associated (i.e. the sender on the uplink, or the intended recipient on the downlink) may be included in the MAC PDU header. This may be used to resolve any addressing ambiguities that may arise when spatial multiplexing or CDMA are used. In alternate embodiments, when multiplexing is based strictly on time division techniques, the MAC ID is not required in the MAC PDU header, since the addressing information is included in the CCH message allocating a given time period in the TDD MAC frame interval to a specific MAC ID. Any combination of spatial multiplexing, code division multiplexing, time division multiplexing, and any other technique known in the art may be deployed.

[00142] FIG. 16 depicts the formation of an example MAC PDU 1660 from a packet 1610, which may be an IP datagram or an Ethernet segment, in this example. Example sizes and types of fields are described in this illustration. Those of skill in the art will recognize that various other sizes, types, and configurations are contemplated within the scope of the present invention.

[00143] As shown, the data packet 1610 is segmented at an adaptation layer. Each adaptation sublayer PDU 1630 carries one of these segments 1620. In this example, data packet 1610 is segmented into N segments 1620A – N. An adaptation sublayer PDU 1630 comprises a payload 1634 containing the respective segment 1620. A type field 1632 (one byte in this example) is attached to the adaptation sublayer PDU 1630.

[00144] A Logical Link (LL) header 1642 (4 bytes in this example) is attached to the payload 1644, which comprises the adaptation layer PDU 1630. Example information for LL header 1642 includes a stream identifier, control information, and sequence numbers. A CRC 1646 is computed over the header 1642 and the payload 1644, and appended to form a logical link sublayer PDU (LL PDU) 1640. Logical Link Control (LLC) and Radio Link Control (RLC) PDUs may be formed in similar fashion. LL PDUs 1640, as well as LLC PDUs and RLC PDUs, are placed in queues (for example, a high QoS queue, a best effort queue, or control message queue) for service by a MUX function.

- [00145] A MUX header 1652 is attached to each LL PDU 1640. An example MUX header 1652 may comprise a length and a type (the header 1652 is two bytes in this example). A similar header may be formed for each control PDU (i.e. LLC and RLC PDUs). The LL PDU 1640 (or LLC or RLC PDU) forms the payload 1654. The header 1652 and payload 1654 form the MUX sublayer PDU (MPDU) 1650 (MUX sublayer PDUs are also referred to herein as MUX PDUs).
- [00146] Communication resources on the shared medium are allocated by the MAC protocol in a series of TDD MAC frame intervals, in this example. In alternate embodiments, examples of which are detailed further below, these type of TDD MAC frame intervals may be interspersed with various other MAC functions, including contention based or polled, and including interfacing with legacy systems using other types of access protocols. As described above, a scheduler may determine the size of physical layer bursts allocated for one or more MAC IDs in each TDD MAC frame interval (analogous to consolidated polled TXOPs). Note that not every MAC ID with data to be transmitted will necessarily be allocated space in any particular TDD MAC frame interval. Any access control or scheduling scheme may be deployed within the scope of the present invention. When an allocation is made for a MAC ID, a respective MUX function for that MAC ID will form a MAC PDU 1660, including one or more MUX PDUs 1650 for inclusion in the TDD MAC frame interval. One or more MUX PDUs 1660, for one or more allocated MAC IDs will be included in a TDD MAC frame interval (i.e. TDD MAC frame interval 1500, detailed with respect to FIG. 15, above).
- [00147] In an example embodiment, one aspect allows for a partial MPDU 1650 to be transmitted, allowing for efficient packing in a MAC PDU 1660. In this example, the untransmitted bytes of any partial MPDUs 1650 left over from a previous transmission may be included, identified by partial MPDU 1664. These bytes 1664 will be transmitted ahead of any new PDUs 1666 (i.e. LL PDUs or control PDUs) in the current frame. Header 1662 (two bytes in this example) includes a MUX pointer, which points to the start of the first new MPDU (MPDU 1666A in this example) to be transmitted in the current frame. Header 1662 may also include a MAC address.
- [00148] The MAC PDU 1660 comprises the MUX pointer 1662, a possible partial MUX PDU 1664 at the start (left over from a previous allocation), followed by zero or more complete MUX PDUs 1666A – N, and a possible partial MUX PDU 1668 (from the current allocation) or other padding, to fill the allocated portion of the physical layer

burst. The MAC PDU 1660 is carried in the physical layer burst allocated to the MAC ID.

[00149] Thus, the example MAC PDU 1660 illustrates a transmission (or frame, in 802.11 terminology), that may be transmitted from one STA to another, including portions of data from one or more flows directed to that destination STA. Efficient packing is achieved with the optional use of partial MUX PDUs. Each MAC PDU may be transmitted in a TXOP (using 802.11 terminology), at a time indicated in the consolidated poll included in the CCH.

[00150] The example embodiment detailed in FIGS. 15-16 illustrates various aspects, including consolidated polls, reduced preamble transmission, and elimination of gaps by sequentially transmitting physical layer bursts from each STA (including the AP). These aspects are applicable to any MAC protocol, including 802.11 systems. Detailed further below are alternate embodiments illustrating various other techniques for achieving MAC efficiency, as well as supporting peer-to-peer transmission, and integrating with and/or cooperating with existing legacy protocols or systems.

[00151] As described above, various embodiments detailed herein may employ channel estimation and tight rate control. Enhanced MAC efficiency may be gained through minimizing unnecessary transmission on the medium, but inadequate rate control feedback may, in some cases, reduce the overall throughput. Thus, sufficient opportunities may be provided for channel estimation and feedback to maximize the transmitted rate on all MIMO modes, in order to prevent the loss of throughput due to inadequate channel estimation, which may offset any MAC efficiency gains. Therefore, as described above, and detailed further below, example MAC embodiments may be designed to provide sufficient preamble transmission opportunities, as well opportunities for receivers to provide rate control feedback to the transmitter.

[00152] In one example, the AP periodically intersperses MIMO pilot in its transmissions (at least every TP ms, where TP may be a fixed or variable parameter). Each STA may also begin its polled TXOP with a MIMO pilot that may be used by other STAs and the AP to estimate the channel. For the case of a transmission to the AP or to another STA using the Direct Link Protocol (detailed further below), the MIMO pilot may be a steered reference to help simplify receiver processing at the destination STA.

[00153] The AP may also provide opportunities to the destination STA to provide ACK feedback. The destination STA may also use these feedback opportunities to provide

rate control feedback for available MIMO modes to the transmitting STA. Such rate control feedback is not defined in legacy 802.11 systems, including 802.11(e). The introduction of MIMO may increase the total amount of rate control information (per MIMO mode). In some instances, to maximize the benefit of improvements in MAC efficiency, these may be complemented by tight rate control feedback.

[00154] Another aspect introduced here, and detailed further below, is backlog information and scheduling for STAs. Each STA may begin its TXOP with a preamble followed by a requested duration of the next TXOP. This information is destined for the AP. The AP collects information on the next requested TXOP from several different STAs and determines the allocation of duration on the medium of TXOPs for a subsequent TDD MAC frame interval. The AP may use different priority or QoS rules to determine how to share the medium, or it may use very simple rules to proportionally share the medium according to the requests from the STAs. Any other scheduling technique may also be deployed. The allocations for the TXOPs for the next TDD MAC frame interval are assigned in the subsequent control channel message from the AP.

Designated Access Point

[00155] In embodiments detailed herein, a network may support operation with or without a true access point. When a true AP is present, it may be connected, for example, to a wired fat pipe connection (i.e. cable, fiber, DSL or T1/T3, Ethernet) or a home entertainment server. In this case, the true AP may be the source and sink for the majority of data flowing between devices in the network.

[00156] When no true AP exists, stations may still communicate with one another using techniques like the Distributed Coordination Function (DCF) or 802.11b/g/a or the Enhanced Distributed Channel Access of 802.11e, as described above. As detailed further below, when additional resources are required, more efficient use of the medium may be accomplished with a centralized scheduling scheme. This network architecture might arise, for example, in a home where many different devices need to communicate with one another (i.e. DVD-TV, CD-Amp-Speakers, etc.). In this case, the network stations automatically designate one station to become the AP. Note that, as detailed below, an Adaptive Coordination Function (ACF) may be utilized with a designated

access point, and may be deployed with centralized scheduling, random access, ad-hoc communication, or any combination thereof.

[00157] Certain, but not necessarily all, non-AP devices may have enhanced MAC capability and are suitable for operation as a designated AP. It should be noted that not all devices need to be designed to be capable of designated AP MAC capability. When QoS (e.g., guaranteed latency), high throughput, and/or efficiency is critical, it may be necessary that one of the devices in the network be capable of designated AP operation.

[00158] This means that designated AP capability will generally be associated with devices with higher capability, e.g., with one or more attributes such as line power, large number of antennas and/or transmit/receive chains, or high throughput requirement. (Additional factors for selecting a designated AP are detailed further below.) Thus, a low-end device such as a low-end camera or phone need not be burdened with designated AP capability, while a high-end device such as high-end video source or a high definition video display may be equipped with designated AP capability.

[00159] In a no-AP network, the designated AP assumes the role of the true AP and may or may not have reduced functionality. In various embodiments, a designated AP may perform the following: (a) establish the network Basic Service Set (BSS) ID; (b) set network timing by transmitting a beacon and broadcast channel (BCH) network configuration information (the BCH may define composition of the medium until the next BCH); (c) manage connections by scheduling transmissions of stations on the network using a Forward Control Channel (FCCH); (d) manage association; (e) provide admission control for QoS flows; and/or (f) various other functions. The designated AP may implement a sophisticated scheduler, or any type of scheduling algorithm. A simple scheduler may be deployed, an example of which is detailed further below.

[00160] A modified Physical Layer Convergence Protocol (PLCP) header is detailed below with respect to peer-peer communications, that is also applicable for designated APs. In one embodiment, the PLCP header of all transmissions is transmitted at the basic data rate that can be decoded by all stations (including the designated AP). The PLCP header of transmissions from stations contains data backlog at the station associated with a given priority or flow. Alternately, it contains a request for duration of a subsequent transmission opportunity for a given priority or a flow.

[00161] The designated AP may determine backlog or transmission opportunity durations requested by the stations by "snooping" in the PLCP Headers of all station

transmissions. The designated AP may determine the fraction of time to be allocated to EDCA-based (distributed access) and the fraction of time allocated to contention-free polled (centralized) access based on load, collisions, or other congestion measures. The designated AP may run a rudimentary scheduler that allocates bandwidth in proportion to the requests and schedules them in the contention-free period. Enhanced schedulers are permitted but not mandated. The scheduled transmissions may be announced by the designated AP on the CCH (control channel).

[00162] A designated AP may not be required to echo one station's transmission to another station (i.e. serve as a hop point), although this functionality is allowed. A true AP may be capable of echoing.

[00163] When selecting a designated access point, a hierarchy may be created to determine which device should serve as access point. Example factors that may be incorporated in selecting a designated access point include the following: (a) user override; (b) higher preference level; (c) security level; (d) capability: line power; (e) capability: number of antennas; (f) capability: max transmit power; (g) to break a tie based on other factors: Medium Access Control (MAC) address; (h) first device powered on; (i) any other factors.

[00164] In practice, it may be desirable for the designated AP to be centrally located and have the best aggregate Rx SNR CDF (i.e. be able to receive all stations with a good SNR). In general, the more antennas a station has, the better the receive sensitivity. In addition, the designated AP may have a higher transmit power so that the designated AP may be heard by a large number of stations. These attributes can be assessed and exploited to allow the network to dynamically reconfigure as stations are added and/or moved around.

[00165] Peer-to-peer connections may be supported in cases where the network is configured with a true AP or a designated AP. Peer-to-peer connections, in general, are detailed in the next section below. In one embodiment, two types of peer-to-peer connections may be supported: (a) managed peer-to-peer, where the AP schedules transmissions for each station involved; and (b) ad-hoc, where the AP is not involved in the management or scheduling of station transmissions.

[00166] The designated AP may set the MAC frame interval and transmit a beacon at the start of the frame. The broadcast and control channels may specify allocated durations in the frame for the stations to transmit. For stations that have requested allocations for peer-to-peer transmissions (and these requests are known to the AP), the AP may

provide scheduled allocations. The AP may announce these allocations in the control channel, such as, for example, with every MAC frame.

[00167] Optionally, the AP may also include an A-TCH (ad hoc) segment in the MAC frame (detailed further below). The presence of the A-TCH in the MAC frame may be indicated in the BCH and FCCH. During the A-TCH, stations may conduct peer-to-peer communication using CSMA/CA procedures. The CSMA/CA procedures of the IEEE Wireless LAN Standard 802.11 may be modified to exclude the requirement for immediate ACK. A station may transmit a MAC-PDU (Protocol Data Unit) consisting of multiple LLC-PDUs when the station seizes the channel. The maximum duration that may be occupied by a station in the A-TCH may be indicated in the BCH. For acknowledged LLC, the window size and maximum acknowledgment delay may be negotiated according to the required application delay. A modified MAC frame with an A-TCH segment, for use with both true APs and designated APs, is detailed further below with respect to FIG. 20.

[00168] In one embodiment, the unsteered MIMO pilot may enable all stations to learn the channel between themselves and the transmitting station. This may be useful in some scenarios. Further, the designated AP may use the unsteered MIMO pilot to allow channel estimation and facilitate demodulation of the PCCH from which allocations can be derived. Once the designated AP receives all requested allocations in a given MAC frame, it may schedule these for the subsequent MAC frame. Note that rate control information does not have to be included in the FCCH.

[00169] In one embodiment, the scheduler may perform the following operations: First, the scheduler collects all the requested allocations for the next MAC frame and computes the aggregate requested allocation (Total Requested). Second, the scheduler computes the total resource available for allocation to the F-TCH and the R-TCH (Total Available). Third, if Total Requested exceeds Total Available, all requested allocations are scaled by the ratio defined by Total Available/Total Requested. Fourth, for any scaled allocations that are less than 12 OFDM symbols, these allocations are increased to 12 OFDM symbols (in the example embodiment; alternate embodiments may be deployed with alternate parameters). Fifth, to accommodate the resulting allocations in the F-TCH + R-TCH, any excess OFDM symbols and/or guard times may be accommodated by reducing all allocations larger than 12 OFDM symbols, one symbol at a time in round-robin fashion starting from the largest.

- [00170] An example illustrates the embodiment just described. Consider allocation requests as follows: 20, 40, 12, 48. Thus, Total Requested = 120. Assume that Total Available = 90. Also assume that the guard time required is 0.2 OFDM symbols. Then, as detailed in the third operation above, the scaled allocations are: 15, 30, 9, 36. As detailed in the fourth operation above, an allocation of 9 is increased to 12. According to the fifth operation, adding the revised allocations and the guard time, the total allocation is 93.8. This means that the allocations are to be reduced by 4 symbols. By starting with the largest, and removing one symbol at a time, a final allocation of 14, 29, 12, 34 is determined (i.e. a total of 89 symbols and 0.8 symbols for guard times).
- [00171] In an example embodiment, when the designated AP is present, it may establish the Beacon for the BSS and set network timing. Devices associate with the designated AP. When two devices associated with a designated AP require a QoS connection, e.g. a HDTV link with low latency and high throughput requirement, they provide the traffic specification to the designated AP for admission control. The designated AP may admit or deny the connection request.
- [00172] If the medium utilization is sufficiently low, the entire duration of the medium between beacons may be set aside for EDCA operation using CSMA/CA. If the EDCA operation is running smoothly, e.g., there are no excessive collisions, back-offs and delays, the designated AP does not need to provide a coordination function.
- [00173] The designated AP may continue to monitor the medium utilization by listening to the PLCP headers of station transmissions. Based on observing the medium, as well as the backlog or transmission opportunity duration requests, the designated AP may determine when EDCA operation is not satisfying the required QoS of admitted flows. For example it may observe the trends in the reported backlogs or requested durations, and compare them against the expected values based on the admitted flows.
- [00174] When the Designated AP determines that the required QoS is not being met under distributed access, it can transition operation on the medium to operation with polling and scheduling. The latter provides more deterministic latency and higher throughput efficiency. Examples of such operation are detailed further below.
- [00175] Thus, adaptive transition from EDCA (distributed access scheme) to scheduled (centralized) operation as a function of the observation of the medium utilization, collisions, congestion, as well as, observation of the transmission opportunity requests from transmitting stations and comparison of the requests against admitted QoS flows may be deployed.

[00176] As mentioned previously, in any embodiment detailed throughout this specification, where an access point is described, one of skill in the art will recognize that the embodiment may be adapted to operate with a true access point or a designated access point. A designated access point may also be deployed and/or selected as detailed herein, and may operate according to any protocol, including protocols not described in this specification, or any combination of protocols.

Peer-to-Peer Transmission and Direct Link Protocol (DLP)

[00177] As described above, peer-to-peer (or simply referred to as “peer-peer”) transmission allows one STA to transmit data directly to another STA, without sending the data first to an AP. Various aspects detailed herein may be adopted for use with peer-to-peer transmission. In one embodiment, the Direct Link Protocol (DLP) may be adapted as detailed further below. FIG. 17 depicts an example peer-to-peer communication within a system 100. In this example, system 100, which may be similar to system 100 depicted in FIG. 1, is adapted to allow direct transmission from one UT to another (in this example, transmission between UT 106A and UT 106B is illustrated). UTs 106 may perform any communication directly with AP 104 on WLAN 120, as detailed herein.

[00178] In various example embodiments, two types of peer-peer connections may be supported: (a) Managed peer-peer, in which the AP schedules transmissions for each STA involved, and (b) Ad-hoc, in which the AP is not involved in the management or scheduling of STA transmissions. An embodiment may include either or both types of connections. In an example embodiment, a transmitted signal may comprise a portion including common information that is receivable by one or more stations, possibly including an access point, as well as information specifically formatted for reception by a peer-peer receiving station. The common information may be used for scheduling (as shown in FIG. 25, for example) or for contention backoff by various neighbor stations (shown in FIG. 26, for example).

[00179] Various example embodiments, detailed below, illustrate closed loop rate control for peer-peer connections. Such rate control may be deployed to take advantage of available high data rates.

[00180] For clarity of discussion, various features (i.e. acknowledgement) are not necessarily detailed in example embodiments. Those of skill in the art will recognize

that features disclosed herein may be combined to form any number of sets and subsets in various embodiments.

[00181] FIG. 18 depicts a prior art physical layer burst 1800. A preamble 1810 may be transmitted, followed by a Physical Layer Convergence Protocol Header (PLCP) header 1820. Legacy 802.11 systems define a PLCP header to include rate type and modulation format for data transmitted as data symbols 1830.

[00182] FIG. 19 depicts an example physical layer burst 1900, which may be deployed for peer-peer transmission. As in FIG. 18, preamble 1810 and PLCP header 1820 may be included, followed by a peer-peer transmission, labeled P2P 1940. P2P 1940 may comprise a MIMO pilot 1910 for use by the receiving UT. MIMO rate feedback 1920 may be included for use by the receiving UT in future transmission back to the sending UT. Rate feedback may be generated in response to a previous transmission from the receiving station to the transmitting station. Then data symbols 1930 may be transmitted according to the selected rate and modulation format for the peer-peer connection. Note that a physical layer burst, such as PHY burst 1900, may be used with AP managed peer-peer connection, as well as with ad hoc peer-peer transmission. Example rate feedback embodiments are described below. Alternate embodiments of physical layer transmission bursts including these aspects are also included below.

[00183] In an example embodiment, an AP sets the TDD MAC frame interval. Broadcast and control channels may be deployed to specify allocated durations in the TDD MAC frame interval. For STAs that have requested allocations for peer-peer transmissions (and known to the AP), the AP may provide scheduled allocations and announce these in the control channel every TDD MAC frame interval. An example system is described above with respect to FIG. 15.

[00184] FIG. 20 depicts an example embodiment of a TDD MAC frame interval 2000 including an optional ad hoc segment, identified as A-TCH 2010. The like numbered sections of TDD MAC frame interval 2000 may be included and operate substantially as described above with respect to FIG. 15. The presence of the A-TCH 2010 in the TDD MAC frame interval 2000 may be indicated in the BCH 510 and/or CCH 520. During the A-TCH 2010, STAs may conduct peer-to-peer communication using any contention procedure. For example, 802.11 techniques such as SIFS, DIFS, backoff, etc., as detailed above may be deployed. QoS techniques, such as those introduced in 802.11(e) (i.e. AIFS) may optionally be deployed. Various other contention based schemes may be deployed as well.

- [00185] In an example embodiment, CSMA/CA procedures for contention, such as those defined in 802.11, may be modified as follows. Immediate ACK is not required. A STA may transmit a MAC Protocol Data Unit (MAC-PDU) consisting of multiple PDUs (i.e. LLC-PDUs) when it seizes the channel. A maximum duration occupied by a STA in the A-TCH may be indicated in the BCH. When acknowledged transmission is desired, a window size and maximum acknowledgment delay may be negotiated according to the required application delay.
- [00186] In this example, the F-TCH 530 is the portion of the TDD MAC frame interval for transmissions from the AP to STAs. Peer-to-peer communications between STAs using contention techniques may be conducted in the A-TCH 2010. Scheduled peer-to-peer communications between STAs may be conducted in the R-TCH 540. Any of these three segments may be set to null.
- [00187] FIG. 21 depicts an example physical layer burst 2100, also referred to as a "PHY burst". PHY burst 2100 may be deployed with scheduled peer-peer connections, such as during R-TCH 540, or during ad hoc connections such as A-TCH 2010, as detailed above with respect to FIG. 20. PHY burst 2100 comprises un-steered MIMO pilot 2110, Peer Common Control Channel (PCCH) 2120, and one or more data symbols 2130. The unsteered MIMO pilot 2110 may be received at one or more stations, and may be used as a reference by a receiving station to estimate the respective channel between the transmitting station and the receiving station. This example PCCH comprises the following fields: (a) a destination MAC-ID, (b) an allocation request for a desired transmission duration for the next TDD MAC frame interval, (c) a transmission rate indicator to indicate the transmission format for the current data packet, (d) a control channel (i.e. CCH) subchannel for receiving any allocation from the AP, and (e) a CRC. The PCCH 2120, along with un-steered MIMO pilot 2110, is a common segment that may be received by various listening stations, including the access point. A request for allocation may be inserted in the PCCH to allow for a managed peer-peer connection in a future TDD MAC frame interval. Such a PHY burst may be included in an ad-hoc connection, and may still request an allocation for scheduled peer to peer in a future TDD MAC frame interval. In the example embodiment, the unsteered MIMO pilot is eight OFDM symbols (in alternate embodiments, detailed below, fewer symbols may be sufficient for channel estimation) and the PCCH is two OFDM symbols. Following the common segment, comprising unsteered MIMO pilot 2110 and PCCH 2120, one or more data symbols 2130 are transmitted using spatial multiplexing and/or

higher modulation formats as determined by each STA in the peer-peer connection. This portion of the transmission is coded according to rate control information embedded in the data portion of the transmission. Thus, a portion of the PHY burst 2100 is receivable by multiple surrounding stations, while the actual data transmission is tailored for efficient transmission to one or more specific peer-peer connected stations or the AP. Data at 2130 may be transmitted as allocated by an access point, or may be transmitted in accordance with an ad-hoc connection (i.e. CSMA/CA contention based procedures).

[00188] An example embodiment of a PHY burst comprises a preamble consisting of 8 OFDM symbols of un-steered MIMO reference. A Peer Common Control Channel (PCCH) MAC-PDU header is included in the subsequent 2 OFDM symbols, using STTD mode, encoded with $R=1/2$ BPSK. The MAC-ID is 12 bits. An 8-bit allocation request is included for reception by the AP for a desired duration in the next TDD MAC frame interval (thus the maximum request is 256 short OFDM symbols). The TX Rate is 16 bits to indicate the rate being used in the current packet. The FCCH subchannel preference is two bits, corresponding to a preference between up to four subchannels, on which the AP should make any applicable allocation. The CRC is 10 bits. Any number of other fields and/or field sizes may be included in an alternate PHY burst embodiment.

[00189] In this example, the remainder of the MAC-PDU transmission uses spatial multiplexing and higher modulations as determined by each STA in the peer-peer connection. This portion of the transmission is coded according to the rate control information embedded in the data portion of the transmission.

[00190] FIG. 22 depicts example method 2200 for peer-peer data transmission. The process begins in block 2210 where a station transmits an unsteered MIMO pilot. In block 2220, the station transmits commonly decodable information. For example, unsteered MIMO pilot 2110 and PCCH 2120 serve as an example of a mechanism for requesting allocation in a managed connection, for which the AP, or other scheduling station, would need to be able to decode the portion of the signal comprising the request. Those of skill in the art will recognize myriad alternate request mechanisms for scheduling peer-peer connections on a shared channel. In block 2230, data is transmitted from one station to another in accordance with negotiated transmission formats. In this example, steered data is transmitted using rates and parameters as determined in accordance with measurements of unsteered MIMO pilot 2110. Those of

skill in the art will recognize various alternate means for transmitting data tailored for a specific peer-peer channel.

[00191] FIG. 23 depicts example method 2300 for peer-peer communication. This example method 2300 illustrates several aspects, subsets of which may be deployed in any given embodiment. The process begins in decision block 2310. In decision block 2310, if there is data for STA-STA transfer, proceed to decision block 2320. If not, proceed to block 2370 and perform any other type of communication, including other access types, if any. Proceed to decision block 2360 where the process may repeat by returning to decision block 2310, or the process may stop.

[00192] In decision block 2320, if there is STA-STA data for transmission, determine whether the peer-peer connection is to be scheduled or ad hoc. If the transmission is to be scheduled proceed to block 2320 and request an allocation to earn a TXOP. Note that an allocation request may be made during a random access portion of a TDD MAC frame interval, as described above, or may be included in an ad hoc transmission. Once an allocation is made, in block 2350 a STA-STA physical burst may be transmitted. In an example embodiment, method 2200 may serve as one type of STA-STA PHY burst.

[00193] In decision block 2320, if scheduled peer-peer connection is not desired, proceed to block 2340 to contend for access. For example, the A-TCH 2010 segment of TDD MAC frame interval 2000 may be used. When an access has been earned successfully through contention proceed to block 2350 and transmit a STA-STA PHY burst, as described above.

[00194] From block 2350, proceed to decision block 2360 where the process may repeat, as described above, or may stop.

[00195] FIG. 24 depicts example method 2400 for providing rate feedback for use in peer-peer connection. This FIG illustrates various transmissions and other steps that may be performed by two stations, STA 1 and STA 2. STA 1 transmits an unsteered pilot 2410 to STA 2. STA 2 measures the channel 2420 while receiving unsteered pilot 2410. In an example embodiment STA 2 determines a supportable rate for transmission on the channel as measured. This rate determination is transmitted as rate feedback 2430 to STA 1. In various alternate embodiments, alternate parameters may be delivered to allow for a rate feedback decision to be made at STA 1. At 2440, STA 1 receives a scheduled allocation or contends for a transmit opportunity, for example during A-TCH. Once a transmit opportunity has been earned, at 2450, STA 1 transmits

to STA 2 data at a rate and modulation format determined in response to rate feedback 2430.

[00196] The method illustrated in FIG. 24 may be generalized and applied to various embodiments, as will be readily apparent to those with skill in the art. Some examples incorporating peer-peer rate feedback, as well as other aspects are detailed further below.

[00197] FIG. 25 depicts method 2500 illustrating managed peer-peer connection between two stations, STA 1 and STA 2, and an access point (AP). At 2505, STA 1 transmits an unsteered pilot as well as a request for an allocation. Data may also be transmitted according to an earlier allocation and previous rate feedback, as will be illustrated below. Further, any such data may be transmitted according to rate feedback from a previous managed peer-peer connection or from ad hoc communication originated by either STA 1 or STA 2. The unsteered pilot and request for transmission is received by both STA 2 and the access point (and may be receivable by various other stations in the area).

[00198] The access point receives the request for transmission and, in accordance with one of any number of scheduling algorithms, makes a determination of when and whether to make an allocation for the peer-peer communication. STA 2 measures the channel while the unsteered pilot in 2505 is transmitted and may make a determination about the supportable rate for peer-peer communication with STA 1. Optionally, STA 2 may also receive rate feedback and/or data from STA 1 in accordance with a previous transmission.

[00199] In this example, the access point has determined an allocation will be made for the requested transmission. At 2515 an allocation is transmitted from the access point to STA 1. In this example, allocations on the R-TCH 540, are transmitted during the control channel, such as CCH 520, illustrated above. Similarly at 2520 an allocation on the R-TCH is made for STA 2. At 2525, STA 1 receives the allocation from the access point. At 2530 STA 2 receives the allocation from the access point.

[00200] STA 2 transmits rate feedback at 2535, in accordance with allocation 2520. Optionally, a request for scheduled transmission may be included, as described above, as well as any data to be transmitted in accordance with a previous request. The rate feedback transmitted is selected in accordance with the channel measurement 2510, as described above. The PHY burst of 2535 may include an unsteered pilot as well. At

2540 STA 1 measures the channel from STA 2, receives the rate feedback, and may receive optional data as well.

[00201] At 2545, in accordance with allocation 2515, STA 1 transmits data in accordance with the rate feedback information received. In addition, a request may be made for a future allocation as well as rate feedback in accordance with the channel measurement at 2540. The data is transmitted according to the specific channel measurement for the peer-peer communication. At 2550 STA 2 receives the data as well as any optionally transmitted rate feedback. STA 2 may also measure the channel to provide rate feedback for future transmissions.

[00202] Note that both transmissions 2535 and 2545 are receivable by the access point, at least the unsteered portion, as described above. Thus for any included request, the access point may make additional allocations for future transmissions as indicated by allocations 2555 and 2560 to STA 1 and STA 2, respectively. At 2565 and 2570, STA 1 and STA 2 receive their respective allocations. The process may then iterate indefinitely with the access point managing access on the shared medium and STA 1 and STA 2 transmitting peer-peer communication directly to each other at rates and modulation formats selected as supportable on the peer-peer channel. Note that, in an alternate embodiment, ad hoc peer-peer communication may also be performed along with the managed peer-peer communication illustrated in FIG. 25.

[00203] FIG. 26 illustrates a contention based (or ad hoc) peer-peer connection. STA 1 and STA 2 will communicate with each other. Other STAs may also be in receiving range and may access the shared channel. At 2610 STA 1, having data to transmit to STA 2, monitors the shared channel and contends for access. Once a transmit opportunity has been earned, peer-peer PHY burst 2615 is transmitted to STA 2 which may also be received by other STAs. At 2620, other STAs, monitoring the shared channel, may receive the transmission from STA 1 and know to avoid accessing the channel. For example, a PCCH, described above, may be included in the transmission 2615. At 2630, STA 2 measures the channel in accordance with an unsteered pilot, and contends for return access on the shared channel. STA 2 may also transmit data, as necessary. Note that contention time may vary. For example, an ACK may be returned following SIFS in a legacy 802.11 system. Since SIFS is highest priority, STA 2 may respond without losing the channel. Various embodiments may allow for less delay, and may provide for return data with high priority.

[00204] At 2635, STA 2 transmits rate feedback along with optional data to STA 1. At 2640, STA 1 receives the rate feedback, contends once more for access to the shared medium, and transmits at 2645 to STA 2 in accordance with the received rate feedback. At 2640, STA 1 may also measure the channel to provide rate feedback to STA 2 for future transmission, and may receive any optional data transmitted by STA 2. At 2650, STA 2 receives the data transmission 2645 in accordance with the rate and modulation format determined by the measured channel conditions. STA 2 may also receive rate feedback for use in returning a transmission to STA 1. STA 2 may also measure the channel to provide future rate feedback. The process may thus repeat by returning to 2635 for STA 2 to return rate feedback as well as data.

[00205] Thus, two stations may perform ad hoc communication in both directions by contending for access. The peer-peer connection itself is made efficient by use of rate feedback and tailoring the transmission to the receiving station. When a commonly receivable portion of the PHY burst, such as the PCCH, is deployed, then, as illustrated in 2620, other STAs may access the information and may avoid interfering on the channel at times known to be occupied, as indicated in the PCCH. As with FIG. 25, either managed or ad hoc peer-peer communication may initiate data transfer prior to the steps illustrated in FIG. 26, and may be used to continue peer-peer communication subsequently. Thus, any combination of scheduled and ad hoc peer-peer communication may be deployed.

[00206] FIG. 27 depicts example TDD MAC frame interval 2700, illustrating managed peer-peer communication between stations. In this example, both the F-TCH and the A-TCH durations have been set to zero. Beacon/BCH 510 and CCH 520 are transmitted as before. Beacon/BCH 560 indicates the start of the next frame. CCH 520 indicates allocations for peer-peer communications. In accordance with those allocations, STA 1 transmits to STA 2 in allocated burst 2710. Note that, in the same TDD MAC frame interval, STA 2 is allocated segment 2730 for responding to STA 1. Any of the various components, detailed above, such as rate feedback, requests, steered and/or unsteered pilots, and steered and/or unsteered data may be included in any given peer-peer PHY layer burst. STA 3 transmits to STA 4 in allocation 2720. STA 4 transmits to STA 3 in allocation 2740, in similar fashion. Various other reverse link transmissions, including non peer-peer connections, may be included in the R-TCH. Additional example embodiments illustrating these and other aspects are detailed further below.

[00207] Note that, in FIG. 27, guard intervals may be scheduled between segments, as necessary. A key issue regarding peer-peer communications is that generally the path delay between the two STAs is unknown. One method of handling this is to make each STA keep its transmit times fixed so that they arrive at the AP in synch with the AP's clock. In this case, the AP may provide for guard time on either side of each peer-to-peer allocation to compensate for unknown path delays between the two communicating STAs. In many cases, a cyclic prefix will be adequate and no adjustments will need to be made at the STA receivers. The STAs must then determine their respective time offsets to know when to receive the other STA's transmission. The STA receivers may need to maintain two receive clocks: one for the AP frame timing and another for the peer-peer connection.

[00208] As illustrated in various embodiments above, acknowledgments and channel feedback may be derived by a receiver during its allocation and fed back to a transmitter. Even if the overall traffic flow is one-way, the receiver sends reference and requests to obtain allocations. The AP scheduler ensures that adequate resources for feedback are provided.

Interoperability with Legacy Stations and Access Points

[00209] As detailed herein, various embodiments described provide improvements over legacy systems. Nonetheless, given the wide deployment of legacy systems already in existence, it may be desirable for a system to retain backward compatibility with either an existing legacy system and/or legacy user terminals. As used herein, the term "new class" will be used to differentiate from legacy systems. A new class system may incorporate one or more of the aspects or features detailed herein. An example new class system is the MIMO OFDM system described below with respect to FIGS. 35-52. Furthermore, the aspects detailed below for interoperating a new class system with a legacy system are also applicable to other systems, yet to be developed, whether or not any particular improvement detailed herein is included in such a system.

[00210] In one example embodiment, backward compatibility with alternate systems may be provided by using separate Frequency Assignments (FA) to allow the operation of a new class system on a separate FA from legacy users. Thus, a new class system may search for an available FA on which to operate. A Dynamic Frequency Selection

(DFS) algorithm may be implemented in the new class WLAN to accommodate this. It may be desirable to deploy an AP to be multi-carrier.

[00211] Legacy STAs attempting to access a WLAN may employ two methods of scanning: passive and active. With passive scanning, a STA develops a list of viable Basic Service Sets (BSSs) in its vicinity by scanning the operating bands. With active scanning, a STA transmits a query to solicit a response from other STAs in the BSS.

[00212] Legacy standards are silent as to how a STA decides which BSS to join, but, once a decision is made, association may be attempted. If unsuccessful, the STA will move through its BSS list until successful. A legacy STA may not attempt to associate with a new class WLAN when the beacon information transmitted would not be understood by that STA. However, a new class AP (as well as UTs) may ignore requests from legacy STAs as one method for maintaining a single WLAN class on a single FA.

[00213] An alternate technique is for new class AP or new class STAs to reject any legacy STA's request using valid legacy (i.e., 802.11) messaging. If a legacy system supports such messaging, the legacy STA may be provided with a redirection message.

[00214] An obvious tradeoff associated with operating on separate FAs is the additional spectrum required to support both classes of STAs. One benefit is ease of management of the different WLANs preserving features such as QoS and the like. As detailed throughout this specification, however, legacy CSMA MAC protocols (such as those detailed in the legacy 802.11 standards), are generally inefficient for high data rates supported for new class systems, such as the MIMO system embodiment detailed herein. Thus, it is desirable to deploy backward compatible modes of operation allowing a new class MAC to co-exist with a legacy MAC on the same FA. Described below are several example embodiments in which legacy and new class systems may share the same FA.

[00215] FIG. 28 depicts method 2800 for supporting both legacy and new class stations on the same frequency assignment. In this example, for clarity, it is assumed that the BSS is operating in isolation (i.e., there is no coordination between multiple overlapping BSSs). The process starts at block 2810 where legacy signaling is used to establish a contention free period.

[00216] Following are several illustrative examples, for use with legacy 802.11 systems, in which the new class WLAN AP may use the hooks built into the legacy 802.11 standard to reserve time for exclusive use by new class stations. Any number of

additional signaling techniques, in addition to these, may be used for establishing a contention free period, for various types of legacy systems.

[00217] One technique is to establish contention free periods (CFP) in PCF/HCF mode. The AP may establish a Beacon interval and announce a contention free period within the Beacon interval where it can serve both new class and legacy STAs in polled mode. This causes all legacy STAs to set their Network Allocation Vectors (NAVs), which are counters used to keep track of the CFP, to the duration of the announced CFP. As a result, legacy STAs that receive the beacon are prevented from using the channel during the CFP, unless polled by the AP.

[00218] Another technique is to establish a CFP, and setting NAV, via an RTS/CTS and duration/ID field. In this case, the new class AP may send out a special RTS which has a Reserved Address (RA) indicating to all new class STAs that the AP is reserving the channel. Legacy STAs interpret the RA field as being directed to a specific STA and do not respond. The new class STAs respond with a special CTS to clear out the BSS for the time period specified in the duration/ID field in the CTS/RTS message pair. At this point, the new class stations are free to use the channel for the reserved duration without conflict.

[00219] In block 2820, legacy class STAs, having received the signal to establish the contention free period, wait until polled or the contention free period ends. Thus, the access point has successfully allocated the shared medium for use with the new class MAC protocol. In block 2830, new STAs may access according to this protocol. Any set or subset of the aspects detailed herein may be deployed in such a new class MAC protocol. For example, scheduled forward and reverse link transmissions as well as managed peer-peer transmissions, ad hoc or contention based communication (including peer-peer), or any combination of the above may be deployed. In block 2840, the new class access period is terminated, using any of a variety of signal types, which may vary according to the legacy system deployed. In the example embodiment, a contention free period end signal is transmitted. In an alternate embodiment, legacy STAs may also be polled during a contention free period. Such accesses may be subsequent to new class accesses, or may be interspersed within them.

[00220] In block 2850, all STAs may contend for access, if a contention period is defined for the legacy system. This allows legacy systems, not able to communicate during the contention free period, to make requests and/or attempt to transmit. In decision block 2860, the process may continue by returning to block 2810, or may stop.

[00221] FIG. 29 illustrates the combination of legacy and new class media access control. A legacy MAC protocol 2910 is shown above a new class protocol 2930, which, when combined, form a MAC protocol such as combined MAC protocol 2950. In this example, 802.11 legacy signaling is used for illustration purposes. Those of skill in the art will realize the techniques disclosed herein may be applied to any of a variety of legacy systems, and any new class MAC protocol, including any combination of the features disclosed herein.

[00222] Legacy MAC protocol 2910 comprises beacons 2902, which identify the Beacon interval. The legacy Beacon interval comprises contention free period 2904 followed by contention period 2906. Various contention free polls 2908A-N may be generated during the contention free period 2904. The contention free period 2904 is terminated by contention free period end 2910. Each beacon 2902 is transmitted at Target Beacon Transmission Time (TBTT) in 802.11 example embodiments. New class MAC protocol 2930 comprises MAC frames 2932A-N.

[00223] The combined Beacon interval 2950 illustrates the interoperability of legacy and new class MAC protocols during the contention free period 2904. New class TDD MAC frame intervals 2932 are included followed by legacy polls CF poll 2908A-N. The contention free period terminates with CFPEND 2910, followed by a contention period 2906. New class TDD MAC frame intervals 2932 may be any type optionally including various aspects detailed herein. In an example embodiment, new class TDD MAC frame interval 2932 comprises various segments such as those illustrated with respect to FIG. 20 above. Thus, a new class TDD MAC frame interval, in this example, comprises pilot 510, a control channel 520, a forward transmit channel 530, ad hoc peer-peer section (A-TCH) 2010, a reverse link transmit channel 540, and a random access channel 550.

[00224] Note that, during the CFP 2904, legacy STAs should not interfere with any new class WLAN transmission. The AP may poll any legacy STA during the CFP, permitting mixed mode operation in the segment. In addition, the AP may reserve the entire CFP 2904 for new class usage and push all legacy traffic to the contention period (CP) 2906 near the end of the Beacon interval.

[00225] The example 802.11 legacy standard requires the CP 2906 be long enough to support an exchange between two legacy terminals. Thus, the beacon may be delayed, resulting in time jitter in the system. If desired, to mitigate jitter, the CFP interval may be shortened to maintain a fixed beacon interval. Timers used to establish the CFP and

CP may be set such that the CFP is long (i.e., around 1.024 sec) relative to the CP (i.e., less than 10 msec). However, if, during the CFP, the AP polls legacy terminals, the duration of their transmission may be unknown and may cause additional time jitter. As a result, care must be taken to maintain QoS for new class STAs when accommodating legacy STAs on the same FA. The legacy 802.11 standard synchronizes to Time Units (TU) of 1.024 msec. The new class MAC may be designed to be synchronous with a legacy system, employing a MAC frame duration of 2 TUs or 2.048 msec, in this example.

[00226] In some embodiments, it may be desirable to insure that the new class MAC frame be made synchronous. That is, the MAC frame clock for the system may be continuous and that MAC frame boundaries, when transmitted, start on multiples of the 2.048 msec frame interval. In this way, sleep mode for STAs may be easily maintained.

[00227] New class transmissions do not need to be compatible with legacy transmissions. The headers, preambles, etc., may all be unique to the new class system, examples of which are detailed throughout this specification. Legacy STAs may attempt to demodulate these, but will fail to decode properly. Legacy STAs in sleep mode will generally not be affected.

[00228] FIG. 30 depicts method 3000 for earning a transmit opportunity. Method 3000 may be deployed as block 2830 in an example embodiment of method 2800, illustrated above. The process begins with decision block 3010, in which an access may be scheduled or unscheduled. Those of skill in the art will recognize that, while this example illustrates two types of access, in any given embodiment either one or both of these access types may be supported. In decision block 3010, if unscheduled access is desired, proceed to block 3040 to contend for access. Any number of the contention based access techniques may be deployed. Once a transmission opportunity (TXOP) has been earned, transmit according to the transmit opportunity in block 3050. Then the process may stop.

[00229] In block 3010, if scheduled access is desired, proceed to block 3020 to request access. This access request may be made on a random access channel, during ad hoc contention, or any of the other techniques disclosed herein. In block 3030, when the access request is granted, an allocation will be received. Proceed to block 3050 to transmit the TXOP according to the received allocation.

[00230] In some instances, it may be desirable to accommodate interoperation between a new class AP, and its associated BSS, with an overlapping legacy BSS, in the same

frequency allocation. The legacy BSS may be operating in DCF or PCF/HCF mode, and so synchronization between the new class BSS and legacy BSS may not always be achievable.

[00231] If the legacy BSS is operating in PCF or HCF mode, the new class AP may attempt to synchronize to the TBTT. If this is possible, the new class AP may seize the channel during the contention period, using any of various mechanisms, examples of which are described above, to operate within the overlapped BSS area. If the legacy BSS is operating under DCF, the new class AP may also attempt to seize the channel and announce a CFP to clear the channel.

[00232] There may be situations where some or all of the STAs in the legacy BSS do not receive the new class AP transmissions. In this case, those legacy STAs may interfere with operation of the new class WLAN. To avoid this interference, the new class stations may default to CSMA-based operation and rely on peer-peer transmissions (this is detailed further below with respect to FIGS. 33-34).

[00233] FIG. 31 depicts example method 3100 for sharing a single FA with multiple BSSs. In block 3110, a legacy access point transmits a beacon. A new class access point, sharing the same frequency assignment, may synch to the TBTT associated with the beacon (optional). In block 3120, if a legacy contention free period has been prescribed according to the beacon, it is carried out. Once the contention free period, if any, is complete, then all STAs may contend for access during a prescribed contention period. In block 3130, the new class access point contends for access during the contention period. In block 3140, new class STAs may access the shared medium during the period for which the new class access point has contended for access. The types of access during this new class access may include any of the aspects detailed herein. A variety of techniques may be used, such as those detailed above, to indicate to legacy STAs the amount of time for which the access point is reserving the channel. Once this period has completed, then legacy STAs may contend in block 3150. In decision block 3160 the process may continue by returning to block 3110 or may stop.

[00234] FIG. 32 illustrates overlapping BSSs using a single FA. Legacy system 3210 transmits beacons 3205 (3205A and 3205B are shown illustrating the TBTT and the overall Beacon interval of the legacy system). Beacon 3205A identifies contention free period 3210 and contention period 3215. During contention free period 3210, legacy contention free polls 3220A-N may be carried out followed by the indicator of the end of the contention free period 3225.

[00235] Stations in new class WLAN 3240 monitor the channel, receive beacon 3205, and refrain from accessing media until an opportunity to contend for access arrives. In this example, the earliest opportunity is during the contention free period. After PIFS 3230, the new class access point transmits a legacy signal 3245 to indicate to legacy stations the amount of time that the channel will be occupied. A variety of symbols may be used to perform this function, examples of which have been detailed above. Various other signals may be deployed depending on the legacy system with which interoperability is desired. Legacy STAs within reception range of legacy signal 3245 may avoid accessing a channel until the end of new class access period 3250. Period 3250 comprises one or more TDD MAC frame intervals 3260 (3260A-N, in this example). TDD MAC frame intervals 3260 may be any type, examples of which comprise one or more of the aspects detailed herein.

[00236] In an example embodiment, the new class AP seizes the channel at timed intervals (i.e., every 40 msec the new class AP seizes the channel for 20 msec). The new class AP may maintain a timer to insure it is only holding the channel for a desired duration, thereby guaranteeing fair sharing of the channel. In seizing the channel, the new class AP may use various signaling techniques. For example, CTS/RTS or a legacy beacon announcing a new CFP may be transmitted.

[00237] During the new class interval 3250, an example first TDD MAC frame interval may be defined as follows: First, send a beacon plus F-CCH indicating the UTs on the list to be polled in the current MAC frame. After the F-CCH, broadcast a stretch of MIMO pilot to allow the STAs to acquire and form an accurate measure of the MIMO channel. In an example embodiment, excellent performance may be achieved with 2 short OFDM symbols per antenna. This implies that the F-TCH in the initial MAC frame may be composed of roughly 8 MIMO pilot symbols. The R-TCH portion of the first MAC frame may be structured such that STAs on the poll list transmit steered MIMO pilot and a rate indicator (for the downlink) with acknowledgement back to the AP. At this point, in this example, all terminals on the poll list are ready to operate in a normal scheduled manner in the next TDD MAC frame interval. The TDD MAC frame intervals following the first TDD MAC frame interval may then be used to exchange data, coordinated by the AP, using any of the techniques disclosed herein.

[00238] As mentioned above, new class stations may default to CSMA-based operation and rely on peer-peer transmissions in certain situations (for example, situations when some or all of the STAs in the legacy BSS do not receive the new class AP

transmissions). In such cases, the On/Off cycling described above might not be advantageous, or even possible. In these cases, new class stations may default to peer-peer operation.

[00239] FIG. 33 depicts example method 3300 for performing high-speed peer-peer communication, using various techniques disclosed herein, while interoperating with a legacy BSS. The process begins in block 3310, where a first STA having data to send to a second STA contends for access. In block 3320, having contended for access successfully, the station clears the medium using a legacy signal, such as those described above. In block 3330, the first STA transmits a request (along with a pilot) to a second STA. The second STA is able to measure the channel according to the pilot transmitted. The second STA transmits channel feedback to the first STA. Thus, in block 3340 the first station receives a response with channel feedback (rate feedback, for example). In block 3350 the first STA transmits the pilot and steered data to the second station according to the feedback. In block 3360 the second STA may transmit to the first STA acknowledgement, and may transmit continued rate feedback for use in further transmission. The legacy signal used to clear the medium allows blocks 3330 to 3360 to be carried out using any of the high-speed techniques and improvements to legacy systems such as those disclosed herein. Once a STA has cleared the medium, any peer-peer MAC protocol may be deployed within the scope of the present invention period. The process may continue as depicted in decision block 3370 by returning to block 3310, or the process may stop.

[00240] In an example embodiment, with peer-peer mode, seizing the channel works according to the legacy rules for CSMA. In this example, PCF and HCF are not employed, and there may not necessarily be a centralized network architecture. When a new class STA wishes to communicate with another new class STA (or AP), the STA seizes the channel. The first transmission consists of sufficient MIMO pilot plus some message requesting a connection to be established. CTS and RTS may be employed to clear out the area and reserve time. The requesting STAs message must contain the STAs BSS ID, the STAs MAC ID, and the target STAs MAC ID (if known). The response should contain the BSS ID of the responding STA. This allows the STAs to determine whether they need to perform receiver correction of transmit steering vectors, if steering is used. Note that transmit steering does not have to be used in this case, although it may be advantageous to do so if the STAs have all calibrated with a designated AP coordinating the BSS.

[00241] As described with respect to FIG. 33, a response may contain MIMO pilot (steered, if employed) plus some indication of rate. Once this exchange has occurred, steering is possible on each link. However, if the STAs belong to different BSSs, the first steered transmission between the STA that initiated the connection may contain steered MIMO pilot to allow the responding STA's receiver to correct for the phase differential between the different BSSs.

[00242] In this example embodiment, once the initial exchanges have occurred, steering is possible. The exchanges should adhere to the SIFS interval between downlink and uplink transmissions. Because of potential processing delays in computing eigenvectors for steering, this may require that the STAs use Minimum Mean Squared Error (MMSE) processing instead of eigenvector processing. Once the steering vectors are computed, STAs may start to use the eigenvectors on the transmit side and the receive side may continue to employ MMSE processing, adapting toward the optimal spatial matched filter solution. Tracking and rate control may be facilitated by periodic feedback between the two STAs. The SIFS interval may be adhered to in order for the STAs to maintain control over the channel.

[00243] FIG. 34 illustrates peer-peer communication using MIMO techniques by contending for access (i.e. unmanaged) on a legacy BSS. In this example, initiating station 106A contends for access on the channel. When it has successfully seized the channel, MIMO pilot 3405 is transmitted, followed by request 3410. The message may contain the BSS ID, the initiating STA's MAC ID and a target STA's MAC ID, if known. Other signaling may be used to further clear the channel, such as CTS and RTS. The responding STA 106B transmits steered pilot 3420 followed by acknowledgement and rate feedback 3425. Steered pilot 3420 is transmitted SIFS 3415 following request 3410. In the example embodiment, in which the legacy access point is an 802.11 access point, recall that SIFS is the highest priority and, thus, the responding station 106B will retain control of the channel. The various transmissions detailed in FIG. 34 may be transmitted SIFS apart from each other to maintain control of the channel until the peer-peer communication is complete.

[00244] In an example embodiment, a maximum duration for channel occupation may be determined. Steered pilot 3430, subsequent to rate feedback 3425, and data 3435 are transmitted from the initiating STA 106A to the responding STA 106B in accordance with that rate feedback. Following data 3435, the responding STA 106B transmits

steered pilot 3440 and acknowledgement and rate control 3445. In response, initiating station 106A transmits steered pilot 3450 followed by data 3455.

[00245] The process may continue indefinitely or up to the maximum time allowed for channel access, depending on the deployment period. Not shown in FIG. 34, the responding STA may also transmit data and the initiating station may transmit rate control as well. These data segments may be combined with those shown at FIG. 34 to maximize efficiency (i.e., SIFS need not be interjected between these transmissions).

[00246] When two or more BSSs overlap, it may be desirable to deploy mechanisms that allow the channel to be shared in a coordinated manner. Several example mechanisms are outlined below, along with example operating procedures associated with each. These mechanisms may be deployed in combination.

[00247] A first example mechanism is Dynamic Frequency Selection (DFS). Before establishing a BSS, WLANs may be required to search the wireless medium to determine the best Frequency Allocation (FA) to establish operations for the BSS. In the process of searching the candidate FA's, an AP may also create a neighbor list to facilitate redirection and inter-AP handoff. In addition, the WLAN may synchronize MAC frame timing with neighbor BSSs (described further below). DFS may be used to distribute BSSs to minimize the need for inter-BSS synchronization.

[00248] A second example mechanism is inter-BSS Synchronization. During a DFS procedure, an AP may acquire the timing of the neighbor BSSs. In general, it may be desirable to synchronize all BSSs (on a single FA in one embodiment, or across multiple FAs in an alternate embodiment) to facilitate inter-BSS handoff. However, with this mechanism, at least those BSSs operating on the same FA in close proximity to each other synchronize their MAC frames. In addition, if co-channel BSSs are overlapping (i.e. the APs can hear each other), the newly arriving AP may alert the established AP of its presence and institute a resource sharing protocol, as follows.

[00249] A third example mechanism is a resource sharing protocol. Overlapping BSSs on the same FA may equitably share the channel. This may be done by alternating MAC frames between BSSs in some defined fashion. This allows traffic in each BSS to use the channel without risking interference from neighbor BSSs. The sharing may be done between all overlapping BSSs. For example, with 2 overlapping BSSs, one AP uses even numbered MAC frames and the other AP uses odd numbered MAC frames. With 3 overlapping BSSs, the sharing may be performed modulo-3, etc. Alternate embodiments may deploy any type of sharing scheme. Control fields in the BCH

overhead message may indicate if resource sharing is enabled and the type of sharing cycles. In this example, timing for all STAs in the BSS adjust to the appropriate sharing cycle. In this example, latency will be increased with overlapping BSSs.

[00250] A fourth example mechanism is STA assisted re-synchronization. It is possible that two BSSs do not hear each other, but a new STA in the overlapped area can hear both. The STA can determine the timing of both BSSs and report this to both. In addition, the STA can determine the time offset and indicate which AP should slip its frame timing and by how much. This information has to be propagated to all BSSs connected to the AP and they all have to re-establish frame timing to achieve synchronization. Frame resynchronization can be announced in the BCH. The algorithm can be generalized to handle more unaware overlapping BSSs.

[00251] Example procedures are detailed below, which may be deployed in one or more of the mechanisms just described.

[00252] Synchronization may be performed by AP's on power-up, or at other designated times. System timing may be determined by searching all FA's for nearby systems. To facilitate synchronization, a set of orthogonal codes may be used to aid in discriminating different APs. For example, APs have known beacons repeated every MAC frame. These beacons may be covered with Walsh sequences (e.g. of length 16). Thus a device, such as an AP or STA, may perform Pilot Strength Measurements (PSMs) of the local APs to determine the overlapping BSSs. Detailed further below, active STAs, associated with an AP, may transmit echoes to assist in synchronization. The echoes may use timing and covering corresponding to the AP cover. Thus, when BSSs overlap, but the respective APs for those BSSs may not be able to detect signals from each other, a STA echo may be receivable by a neighbor AP, thus providing information about its AP, and a signal with which the neighbor AP may synchronize. Note that orthogonal cover codes may be reused on different FAs.

[00253] Selection of a Walsh cover may be done deterministically based on the set of undetected Walsh covers (i.e., select a Walsh cover that is not detected on a neighboring AP). If all covers are present, the code corresponding to the weakest Received Signal Level (RSL) may be re-used by the new AP. Otherwise, in one embodiment, the code may be selected that maximizes the operating point for the AP (see structured power backoff for adaptive reuse, detailed below).

[00254] In this example, frame counters transmitted by each AP are staggered relative to each other. The stagger employed corresponds to the Walsh cover index. Thus, AP0

uses Walsh code 0. AP_j uses Walsh cover j , and has its frame counter equal to 0 whenever the AP_0 frame counter = j .

[00255] On power-up, or at any time synchronization is to be performed, an AP listens for neighbor AP beacons and/or STA echoes. Upon no detection of neighbor systems, the AP establishes its own time reference. This can be arbitrary, or related to GPS, or any other local time reference. Upon detection of a single system, the local timing is established accordingly. If the AP detects two or more systems operating with different time lines, the AP may synchronize with system having the strongest signal. If the systems are operating on the same frequency assignment (FA), the AP may attempt to associate with the weaker AP to inform it of the other nearby AP operating on an independent clock. The new AP attempts to inform the weaker AP of the timing skew required to synchronize both AP zones. The weaker zone AP may then skew its timing. This may be repeated for multiple neighbor APs. The new AP can establish its timing with the synchronized timing of the two or more systems. In a situation where all neighbor APs are unable, for whatever reason, to synchronize to a single timing, the new AP may synchronize to any of the neighboring APs.

[00256] Dynamic frequency selection may be performed by AP's on power-up. As stated above, it is typically desirable to minimize BSS overlap with DFS selection, to minimize the number of BSSs requiring synchronization, and any delay or throughput reduction that may be associated with synchronization (i.e., a BSS with access to the entire medium on an FA may be more efficient than a BSS which must share the medium with one or more neighboring BSSs). After synchronization, the new AP may select the FA that has the minimum RSL associated with it (i.e. when measuring neighbor APs, or during the echo period). Periodically, the AP may query the STAs for AP pilot measurements. Similarly, the AP may schedule silent periods to enable assessment of the interference levels at the AP caused by STAs from other zones (i.e. neighboring BSSs). If the RSL levels are excessive, the AP may attempt to find another FA during unscheduled periods, and/or institute a power backoff policy, as described below.

[00257] As described above, APs may be organized according to a pilot cover code. Each AP may use a Walsh sequence cover of length 16, in this example. Any number of codes of various lengths may be deployed. The pilot cover is used to modulate the sign of the beacon over a super-frame period. In this example, the super-frame period is equivalent to 32 ms (i.e. 16 consecutive MAC frame beacons). STAs may then

coherently integrate over the superframe interval to determine the pilot power associated with a given AP. As above, an AP may select its Walsh code from the pool of undetected Walsh codes available. If all codes are detected (on the same FA), then the AP may rank these in order of strongest to weakest. The AP may re-use the Walsh code that corresponds to the weakest detected Walsh code.

[00258] To facilitate identification of neighbor APs, STAs may be used to transmit an echo to identify their respective AP. Thus, as described above, an AP that doesn't detect a neighbor AP may detect a corresponding STA echo, thus identifying the AP and its timing. Each AP may transmit configuration information in its beacon, and each STA may operate as a repeater to retransmit the AP configuration information, as well as timing, to any receiving neighbor AP.

[00259] Active STAs may be required to transmit, upon command from the AP, a predefined pattern that allows nearby APs operating on the same FA to detect the presence of the neighbor system. A simple way to facilitate this is to define an observation interval in the MAC frame (e.g. between the FCH and RCH segments) that is not used by the AP for any traffic. The duration of the observation interval may be defined to be long enough to handle the maximum differential propagation delay between STAs associated with the AP and STAs associated with a neighbor AP (e.g. 160 chips or 2 OFDM symbols). For example, STAs associated with the AP using Walsh cover code j may transmit the echo whenever its Mac frame counter = 0. The echo is coded with information necessary to allow neighbor APs to detect the presence and efficiently co-exist with STAs in the adjacent AP zone.

[00260] Structured power backoff for adaptive reuse may be deployed. When a system becomes congested to the point where each FA must be reused in the vicinity of another AP, it may be desirable to impose a structured power backoff scheme to allow terminals in both zones to operate at maximum efficiency. When congestion is detected, power control can be used to improve the system's efficiency. That is, instead of transmitting at full power all of the time, the APs may use a structured power back-off scheme that is synchronized with their MAC frame counter.

[00261] As an example, suppose that two APs are operating on the same FA. Once the APs detect this condition, they may institute a known power backoff policy. For example, both APs use a backoff scheme that permits full power, P_{tot} , on MAC frame 0, $P_{tot}(15/16)$ on MAC frame 1, ... $P_{tot}/16$ on MAC frame 15. Since the APs are synchronized, and their frame counters staggered, neither AP zone is using full power

simultaneously. The objective is to select the backoff pattern that allows STAs in each AP zone to operate at the highest possible throughput.

[00262] The backoff pattern used by a given AP may be a function of the degree of interference detected. In this example, up to 16 known backoff patterns may be used by a given AP. The backoff pattern used may be conveyed by the APs in the BCH and in the echoes transmitted by STAs associated with an AP.

[00263] An example backoff scheme is detailed in U.S. Patent No. 6,493,331, entitled "Method and apparatus for controlling transmissions of a communications systems," by Walton et. al, assigned to the assignee of the present invention.

[00264] Another example embodiment of a technique for interoperability with legacy systems is depicted in FIG. 53. An example MAC frame 1500 is shown, as detailed above with respect to FIG. 15. A slotted mode is introduced in which slot intervals 5310 are defined. A slot interval 5310 comprises a MIMO pilot interval 5315 and slot gap 5320. Pilots 5315 are inserted, as shown, to reserve the channel from interference by other stations (including APs) that operate according to rules, such as EDCA. Modified MAC frame 5330 comprises substantially the MAC frame 1500 with pilots 5315 inserted to retain control of the medium. FIG. 53 is illustrative only, as will be evident to one of skill in the art. A slotted mode may be incorporated with any type of MAC frame, various examples of which are detailed herein.

[00265] In this example, for purposes of illustration, assume a legacy 802.11 system that uses MAC frames that are multiples of 1.204 ms. The MAC frame may be set to be 2.048 ms to be synchronous. At the Target Beacon Transmit Time (TBTT), an announce CFP duration to get STAs to set their NAV's. During the CFP, STAs in the BSS should not transmit unless polled. Optionally, as described previously, an AP may send out an RTS and have STAs echo an identical CTS to clear out the BSS further. This CTS may be a synchronized transmission from all the STAs. In this example, jitter may be eliminated by insuring MAC frames always start on 2.048 ms boundaries. This maintains time synch between adjacent/overlapping BSSs even with foreshortened TBTTs. Various other techniques, such as those described above, may be combined with the technique described below. Once the medium is reserved for modified MAC frame 5330, using any available technique, slotted mode may be deployed to maintain possession of the medium, to prevent a legacy STA from interfering with the scheduled transmissions, thus potentially reducing throughput gains of a new class system (i.e. one using a scheme such as shown in FIG. 15 or FIG. 53, or various others detailed herein).

- [00266] In this example, the new class AP is subject to CSMA rules to seize the channel. Prior to this however, it should attempt to determine the presence of another BSS, either by listening for the beacon, or other STAs. Synchronization is not required, however, to permit fair resource sharing.
- [00267] Once the neighbor(s) BSS(s) has been detected, the new class AP can seize the channel by transmitting its beacon. To lock out other users, the new class AP transmits pilot with a frequency that prevents other STAs to use the channel (i.e. no idle periods any longer than PIFS = 25 usec).
- [00268] The new class AP may set a timer that allows it to occupy the channel for a fixed duration determined to be fair. This may be roughly synchronized with the legacy AP's beacon period or asynchronous (i.e. 100 msec every 200 msec).
- [00269] The new class AP may seize the channel at any point during its permitted interval, which can be delayed by legacy BSS users. The new class AP may relinquish the channel before its time has expired if there is no traffic to serve. When the new class AP seizes the channel, it have its use limited for an equitable period of time. Furthermore, the timing established by the new class AP may be consistent with the MAC frame timing established. That is, new class beacons occur on 2.048 msec boundaries of the new class AP clock. This way, new class STAs may maintain synchronization by looking at these specific intervals to determine if the HT AP has seized the channel.
- [00270] The new class AP may announce its frame parameters in a beacon. Part of the frame parameters may include the pilot interval spacing indicating the frequency of pilot transmission throughout the MAC frame. Note that the new class AP may schedule STAs such that their transmission overlaps the periodic burst pilot. In this case, the STA whose assignment overlaps knows this and ignores the pilot during that period. Other STAs do not know this and therefore use a threshold detector to validate whether the pilot was transmitted during the prescribed interval.
- [00271] It is possible that a STA may transmit a pilot at the instant the AP is supposed to transmit, or that the AP is transmitting steered pilot to a STA during this interval. To prevent other STAs from using this pilot, thus corrupting their channel estimates, the AP pilot may use Walsh covers that are orthogonal to common pilot Walsh covers. A structure for assigning Walsh covers may be deployed. For example, when STAs and APs use different Walsh covers, the Walsh space may include $2N$ covers, with N covers

reserved for APs, and the remainder for STAs associated with a given AP using a cover that is coupled in a known manner with the respective AP's Walsh cover.

[00272] When the new class AP transmits an assignment to a STA, it is expecting the STA to transmit to it during the prescribed interval. It is possible the STA fails to receive the assignment, in which case the channel could go unused for an interval longer than PIFS. To prevent this from occurring, the AP may sense the channel for $t < \text{SIFS}$ and determine if it is occupied. If not, the AP may immediately seize the channel by transmitting pilot, phased accordingly.

[00273] New class channel assignments may be slotted to intervals of SIFS (16 usec). This way channel occupancy can be guaranteed to keep off legacy users during the period of new class exclusive usage.

[00274] The RCH must be designed to accommodate interoperability since the duration of the RCH could exceed 16 usec. If the RCH cannot be easily accommodated in a given embodiment, the RCH may be allocated to work in the legacy modes when the new class MAC does not have control of the channel (i.e. coexist in legacy mode). The F-RCH may be accommodated by permitting STAs to transmit access requests anytime following a pilot transmission (i.e. wait 4 usec and transmit for 8 usec), as illustrated in FIG. 53.

Example Embodiment: Enhanced 802.11 MIMO WLAN

[00275] Detailed below is an example embodiment illustrating various aspects introduced above, as well as additional aspects. In this example, an enhanced 802.11 WLAN using MIMO is illustrated. Various MAC enhancements are detailed, as well as corresponding data and messaging structures for use at the MAC layer and physical layer. Those of skill in the art will recognize that only an illustrative subset of features of a WLAN are disclosed, and will readily adapt the teaching herein to 802.11 legacy system interoperability, as well as interoperability with various other systems.

[00276] The example embodiment, detailed below, features interoperability with legacy 802.11a, 802.11g STAs as well as with the 802.11e draft and anticipated final standard. The example embodiment comprises a MIMO OFDM AP, so named to distinguish from legacy APs. Due to backward compatibility, as detailed below, legacy STAs are able to associate with a MIMO OFDM AP. However, the MIMO OFDM AP may explicitly reject an association request from a legacy STA, if desired. DFS procedures may direct

the rejected STA to another AP that supports legacy operation (which may be a legacy AP or another MIMO OFDM AP).

[00277] MIMO OFDM STAs are able to associate with an 802.11a or 802.11g BSS or Independent BSS (IBSS) where no AP is present. Thus, for such operation, such a STA will implement all the mandatory features of 802.11a, 802.11g as well as the anticipated final draft of 802.11e.

[00278] When legacy and MIMO OFDM STAs share the same RF channel, either in a BSS or an IBSS, various features are supported: The proposed MIMO OFDM PHY spectral mask is compatible with the existing 802.11a, 802.11g spectral mask so that no additional adjacent channel interference is introduced to legacy STAs. The extended SIGNAL field in the PLCP Header (detailed below) is backward compatible with the SIGNAL field of legacy 802.11. Unused RATE values in the legacy SIGNAL field are set to define new PPDU types (detailed below). The Adaptive Coordination Function (ACF) (detailed below) permits arbitrary sharing of the medium between legacy and MIMO OFDM STAs. Periods of 802.11e EDCA, 802.11e CAP and the SCAP (introduced below) may be arbitrarily interspersed in any Beacon interval, as determined by the AP scheduler.

[00279] As described above, a high performance MAC is required to effectively leverage the high data rates enabled by the MIMO WLAN physical layer. Various attributes of this example MAC embodiment are detailed below. Following are several example attributes:

[00280] Adaptation of the PHY rates and transmission modes effectively exploit the capacity of the MIMO channel.

[00281] Low latency service of the PHY provides low end-to-end delays to address the requirements of high throughput (e.g. multimedia) applications. Low latency operation may be achieved with contention-based MAC techniques at low loads, or using centralized or distributed scheduling in heavily loaded systems. Low latency provides many benefits. For example, low latency permits fast rate adaptation to maximize the physical layer data rate. Low latency permits inexpensive MAC implementation with small buffers, without stalling ARQ. Low latency also minimizes end-to-end delay for multimedia and high throughput applications.

[00282] Another attribute is high MAC efficiency and low contention overhead. In contention based MACs, at high data rates, the time occupied by useful transmissions shrinks while an increasing fraction of the time is wasted in overhead, collisions and

idle periods. Wasted time on the medium may be reduced through scheduling, as well as through aggregation of multiple higher layer packets (e.g. IP datagrams) into a single MAC frame. Aggregated frames may also be formed to minimize preamble and training overhead.

- [00283] The high data rates enabled by the PHY permit simplified QoS handling.
- [00284] The example MAC enhancements, detailed below, are designed to address the above performance criteria in a manner that is backward compatible with 802.11g and 802.11a. In addition, support for and improvement to features that are included in the draft standard 802.11e, described above, including features such as TXOP and Direct Link Protocol (DLP), as well as the optional Block Ack mechanism.
- [00285] In describing the example embodiments below, new terminology is used for some concepts introduced above. A mapping for the new terminology is detailed in Table 1.

Table 1. Terminology Mapping

Earlier Terminology Terms used in prior paragraphs	Mapping to New Terminology Terms used in subsequent paragraphs
MUX PDU or MPDU	MAC Frame
Partial MPDU	MAC Frame Fragment
MAC PDU	PPDU
Broadcast channel message (BCH) and Control channel message (CCH)	SCHED message
Control channel message subchannels	CTRLJ segments of the SCHED message
TDD MAC frame interval	Scheduled Access Period (SCAP)
F-TCH (Forward Traffic Channel)	Scheduled AP-STA transmissions
R-TCH (Reverse Traffic Channel)	Scheduled STA-AP or STA-STA transmissions
A-TCH (Ad-hoc peer-to-peer Traffic Channel)	Protected EDCA or MIMO OFDM EDCA
PCCH (Peer-to-Peer Control Channel)	PLCP Header SIGNAL field
RCH	FRACH

Flexible Frame Aggregation

[00286] In this example embodiment, flexible frame aggregation is facilitated. FIG. 35 depicts encapsulation of one or more MAC frames (or fragments) within an aggregated frame. Frame aggregation permits the encapsulation of one or more MAC frames (or fragments) 3510 within an aggregated frame 3520, which may incorporate header compression, detailed below. Aggregated MAC frame 3520 forms PSDU 3530, which may be transmitted as a single PPDU. The aggregated frame 3520 may contain encapsulated frames (or fragments) 3510 of type data, management or control. When privacy is enabled, the frame payload may be encrypted. The MAC frame header of an encrypted frame is transmitted "in the clear."

[00287] This MAC-level frame aggregation, as just described, permits transmission of frames with zero IFS or BIFS (Burst Interframe Spacing, detailed further below) to the same receiving STA. In certain applications, it is desirable to permit the AP to transmit frames with zero IFS, or aggregated frames, to multiple receiving STAs. This is permitted through the use of the SCHED frame, discussed below. The SCHED frame defines the start time of multiple TXOPs. Preambles and IFS may be eliminated when the AP makes back-to-back transmissions to multiple receiving STAs. This is referred to as PPDU aggregation to distinguish from MAC-level frame aggregation.

[00288] An example aggregated MAC frame transmission (i.e. a PPDU) starts with a preamble followed by the MIMO OFDM PLCP HEADER (including a SIGNAL field, which may comprise two fields, SIGNAL1 and SIGNAL2), followed by MIMO OFDM training symbols (if any). Example PPDU formats are detailed further below with respect to FIGS. 49-52. The aggregated MAC frame flexibly aggregates one or more encapsulated frames or fragments that are to be transmitted to the same receiving STA. (The SCHED message, detailed below, permits aggregation of TXOPs from the AP to multiple receiving STAs.) There is no restriction on the number of frames and fragments that may be aggregated. There may be a limit to the maximum size of an aggregated frame that is established through negotiation. Typically, the first and last frames in the aggregated frame may be fragments that are created for efficient packing. When several encapsulated data frames are included within an aggregated frame, the MAC headers of the data and QoS data frames may be compressed, as detailed below.

[00289] The transmitting MAC may attempt to minimize PHY and PLCP overheads and idle periods through the use of flexible frame aggregation. This may be accomplished

by aggregating frames to eliminate inter-frame spacing and PLCP headers, as well as flexible frame fragmentation, to fully occupy the available space in a TXOP. In one example technique, the MAC first computes the number of octets to be provided to the PHY based on the current data rate and the duration of the assigned or contention-based TXOP. Complete and fragmented MAC frames may then be packed to occupy the entire TXOP.

[00290] If a complete frame cannot be accommodated in the remaining space in a TXOP, the MAC may fragment the next frame to occupy as much as possible of the remaining octets in the TXOP. Frames may be fragmented arbitrarily for efficient packing. In an example embodiment, this arbitrary fragmentation is subject to the restriction of a maximum of 16 fragments per frame. In alternate embodiments, this limitation may not be required. Remaining fragment(s) of the MAC frame may be transmitted in a subsequent TXOP. In the subsequent TXOP, the MAC may give higher priority to fragments of an incompletely transmitted frame, if desired.

[00291] An Aggregation Header (2 octets, in this example), described further below, is inserted in the MAC Header of each encapsulated frame (or fragment) that is inserted in the aggregated frame. A Length field in the Aggregation Header indicates the length (in octets) of the encapsulated MAC frame, and is used by the receiver to extract frames (and fragments) from the aggregated frame. The PPDU Size field in the proposed SIGNAL field provides the size of the MIMO OFDM PPDU transmission (number of OFDM symbols) while the length of each encapsulated MAC frame (in octets) is indicated by the Aggregation Header.

Header Compression of Encapsulated Frames

[00292] FIG. 36 depicts a legacy MAC frame 3600, comprising MAC Header 3660, followed by a frame body 3650 (which may include a variable number of octets, N) and a Frame Check Symbol (FCS) 3655 (4 octets, in this example). This prior art MAC frame format is detailed in 802.11e. MAC Header 3660 comprises a frame control field 3610 (2 octets), a duration/ID field 3615 (2 octets), a sequence control field 3635 (2 octets), and a QoS control field 3645 (2 octets). In addition, four address fields, Address 1 3620, Address 2 3625, Address 3, 3630, and Address 4 3640 (6 octets each), are included. These addresses may also be referred to as TA, RA, SA, and DA, respectively. The TA is the transmitting station address. The RA is the receiving

station address. The SA is the source station address. The DA is the destination station address.

[00293] When several encapsulated data frames are included within an aggregated frame, the MAC headers of the data and QoS data frames may be compressed. Example compressed MAC headers for QoS data frames are shown in FIGS. 37-39. Note that the FCS is computed on the compressed MAC header and the (encrypted or unencrypted) payload.

[00294] As shown in FIG. 37-39, when frames are transmitted using a MIMO Data PPDU (Type 0000), an aggregation header field is introduced into the MAC Header 3660 of the MAC frame 3600 to create an encapsulated MAC frame, i.e. 3705, 3805, or 3905, respectively. The MAC Header, including the Aggregation Header field, is called the Extended MAC Header (i.e. 3700, 3800, or 3900). One or more encapsulated management, control and/or data frames (including QoS data) may be aggregated into an aggregated MAC frame. When data privacy is in use, the payload of the data or QoS data frames may be encrypted.

[00295] The Aggregation Header 3710 is inserted for each frame (or fragment) inserted in the aggregated frame (3705, 3805, or 3905, respectively). Header compression is indicated by the Aggregation Header type field, detailed below. Frame headers of data and QoS data frames may be compressed to eliminate redundant fields. Aggregated frame 3705, depicted in FIG. 37, illustrates an uncompressed frame, which includes all four addresses and the Duration/ID field.

[00296] After an uncompressed aggregated frame is transmitted, additional aggregated frames need not identify the transmitting and receiving station addresses, as they are identical. Thus, Address 1 3620 and Address 2 3625 may be omitted. The Duration/ID field 3615 does not need to be included for subsequent frames in the aggregated frame. Duration may be used to set the NAV. The Duration/ID field is overloaded based on context. In Poll messages, it contains the Access ID (AID). In other messages, the same field specifies the duration to set the NAV. The corresponding frame 3805 is illustrated in FIG. 38.

[00297] Further compression is available when the source address and destination station addresses contain duplicate information. In this case, Address 3 3630 and Address 4 3640 may also be removed, resulting in the frame 3905 illustrated in FIG. 39.

[00298] When fields are removed, to decompress, the receiver may insert the corresponding field from the previous header (after decompression) in the aggregated

frame. In this example, the first frame in an aggregated frame always uses the uncompressed header. Decryption of the payload may require some fields from the MAC Header that may have been removed for header compression. After decompression of the frame header, these fields may be made available to the decryption engine. The Length field is used by the receiver to extract frames (and fragments) from the aggregated frame. The Length field indicates the length of the frame with the compressed header (in octets).

[00299] After extraction, the Aggregation header field is removed. The decompressed frame is then passed to the decryption engine. Fields in the (decompressed) MAC headers may be required for message integrity verification during decryption.

[00300] FIG. 40 illustrates an example Aggregation Header 3710. The Aggregation Header field is added to each frame (or fragment) header for one or more frames (encrypted or un-encrypted) that are transmitted in a MIMO Data PPDU. The Aggregation Header comprises a 2 bit Aggregation Header Type field 4010 (to indicate whether or not header compression is employed, and which type) and a 12 bit Length field 4030. Type 00 frames do not employ header compression. Type 01 frames have the Duration/ID, Address 1 and Address 2 fields removed. Type 10 frames have the same removed fields as type 01 frames, with the Address 3 and Address 4 fields also removed. The Length field 4030 in the Aggregation Header indicates the length of the frame in octets with the compressed header. 2 bits 4020 are reserved. The Aggregation Header types are summarized in Table 2.

Table 2. Aggregation Header Type

Bit 0	Bit 1	Meaning
0	0	Uncompressed
0	1	Duration/ID, Address 1 and Address 2 fields are removed
1	0	Duration/ID, Address 1, Address 2, Address 3 and Address 4 fields are removed
1	1	Reserved

[00301] In this example embodiment, all management and control frames that are encapsulated in an aggregated frame use the uncompressed frame header with Aggregation Header type 00. The following management frames may be encapsulated along with data frames in an aggregated frame: association request, association response, reassociation request, reassociation response, probe request, probe response, disassociation, authentication, and deauthentication. The following control frames may

be encapsulated along with data frames in an aggregated frame: BlockAck and BlockAckRequest. In alternate embodiments, any type of frames may be encapsulated.

Adaptive Coordination Function

[00302] The Adaptive Coordination Function (ACF) is an extension of the HCCA and EDCA that permits flexible, highly efficient, low latency scheduled operation suitable for operation with the high data rates enabled by the MIMO PHY. FIG. 41 illustrates an example embodiment of a Scheduled Access Period Frame (SCAP) for use in the ACF. Using a SCHED message 4120, an AP may simultaneously schedule one or more AP-STA, STA-AP or STA-STA TXOPs over the period known as the Scheduled Access Period 4130. These scheduled transmissions are identified as scheduled transmissions 4140. The SCHED message 4120 is an alternative to the legacy HCCA Poll, detailed above. In the example embodiment, the maximum permitted value of the SCAP is 4 ms.

[00303] Example scheduled transmissions 4140 are shown in FIG. 41 for illustration, including AP to STA transmissions 4142, STA to AP transmissions 4144, and STA to STA transmissions 4146. In this example, the AP transmits to STA B 4142A, then to STA D 4142B, and then to STA G 4142C. Note that gaps need not be introduced between these TXOPs, as the source (the AP) is the same for each transmission. Gaps are shown between TXOPs when the source changes (example gap spacings are detailed further below). In this illustration, after AP to STA transmissions 4142, STA C transmits to the AP 4144A, then, after a gap, STA G transmits to the AP 4144B, and then, after a gap, STA E transmits to the AP 4144C. A peer to peer TXOP 4146 is then scheduled. In this case, STA E remains as the source (transmitting to STA F), so no gap needs to be introduced if the STA E transmit power is unchanged, otherwise a BIFS gap may be used. Additional STA to STA transmissions may be scheduled, but are not shown in this example. Any combination of TXOPs may be scheduled, in any order. The order of TXOP types shown is an example convention only. While it may be desirable to schedule TXOPs to minimize the required number of gaps, it is not mandatory.

[00304] The Scheduled Access Period 4130 may also contain a FRACH Period 4150 dedicated to Fast Random Access Channel (FRACH) transmissions (wherein a STA may make a request for an allocation) and/or a MIMO OFDM EDCA 4160 period

where MIMO STAs may use EDCA procedures. These contention-based access periods are protected by the NAV set for the SCAP. During the MIMO OFDM EDCA 4160 period, MIMO STAs use EDCA procedures to access the medium without having to contend with legacy STAs. Transmissions during either protected contention period use the MIMO PLCP header (detailed further below). The AP provides no TXOP scheduling during the protected contention period, in this embodiment.

[00305] When only MIMO STAs are present, the NAV for the SCAP may be set through a Duration field in the SCHED frame (the SCHED frame is detailed further below). Optionally, if protection from legacy STAs is desired, the AP may precede the SCHED frame 4120 with a CTS-to-Self 4110 to establish the NAV for the SCAP at all STAs in the BSS.

[00306] In this embodiment, MIMO STAs obey the SCAP boundary. The last STA to transmit in a SCAP must terminate its TXOP at least PIFS duration before the end of the SCAP. MIMO STAs also obey the scheduled TXOP boundaries and complete their transmission prior to the end of the assigned TXOP. This allows the subsequent scheduled STA to start its TXOP without sensing the channel to be idle.

[00307] The SCHED message 4120 defines the schedule. Assignments of TXOPs (AP-STA, STA-AP and/or STA-STA) are included in the CTRLJ elements (4515 – 4530 in FIG. 45, detailed below) in the SCHED frame. The SCHED message may also define the portion of the SCAP 4100 dedicated to FRACH 4150, if any, and a protected portion for EDCA operation 4160, if any. If no scheduled TXOP assignments are included in the SCHED frame, then the entire SCAP is set aside for EDCA transmissions (including any FRACH) protected from legacy STAs by the NAV set for the SCAP.

[00308] The maximum length of scheduled or contention-based TXOP permitted during the SCAP may be indicated in an ACF capabilities element. In this embodiment, the length of the SCAP does not change during a Beacon interval. The length may be indicated in the ACF capabilities element. An example ACF element comprises a SCAP Length (10 bits), a Maximum SCAP TXOP Length (10 bits), a Guard IFS (GIFS) Duration (4 bits), and a FRACH RESPONSE (4 bits). The SCAP Length indicates the length of the SCAP for the current Beacon interval. The field is encoded in units of 4 μ s. The Maximum SCAP TXOP Length indicates the maximum permissible TXOP length during a SCAP. The field is encoded in units of 4 μ s. GIFS Duration is the guard interval between consecutive scheduled STA TXOPs. The field is encoded in units of 800 ns. FRACH RESPONSE is indicated in units of SCAPs. The AP must

respond to a request received using an FRACH PPDU by providing the STA with a scheduled TXOP within FRACH RESPONSE SCAPs.

[00309] FIG. 42 shows an example of how the SCAP may be used in conjunction with HCCA and EDCA. In any Beacon interval (illustrated with beacons 4210A-C), the AP has complete flexibility to adaptively intersperse duration of EDCA contention-based access with the 802.11e CAP and the MIMO OFDM SCAP.

[00310] Thus, using the ACF, the AP may operate as in HCCA, but with the additional capability of allocating periods for SCAP. For example, the AP may use CFP and CP as in the PCF, allocate a CAP for polled operation as in HCCA, or may allocate a SCAP for scheduled operation. As shown in FIG. 42, in a Beacon interval, the AP may use any combination of periods for contention based access (EDCA) 4220A-F, CAP 4230A-F, and SCAP 4100A-I. (For simplicity, the example in FIG. 42 does not show any CFP.) The AP adapts the proportion of the medium occupied by different types of access mechanisms based on its scheduling algorithms and its observations of medium occupancy. Any scheduling technique may be deployed. The AP determines whether admitted QoS flows are being satisfied and may use other observations including measured occupancy of the medium for adaptation.

[00311] HCCA and associated CAPs are described above. An illustrative example CAP 4230 is shown in FIG. 42. An AP TXOP 4232 is followed by a Poll 4234A. HCCA TXOP 4236A follows Poll 4234A. Another Poll 4234B is transmitted, followed by another respective HCCA TXOP 4236B.

[00312] EDCA is described above. An illustrative example EDCA 4220 is shown in FIG. 42. Various EDCA TXOPs 4222A-C are shown. A CFP is omitted in this example.

[00313] A SCAP 4100, as shown in FIG. 42, may be of the format detailed in FIG. 41, including an optional CTS to Self 4110, SCHED 4120, and Scheduled Access Period 4130.

[00314] The AP indicates scheduled operation using the 802.11 Delivery Traffic Indication Message (DTIM) message as follows. The DTIM contains a bitmap of Access IDs (AIDs) for which the AP or another STA in the BSS has backlogged data. Using the DTIM, all MIMO-capable STAs are signaled to stay awake following the Beacon. In a BSS where both legacy and MIMO STAs are present, legacy STAs are scheduled first, immediately following the Beacon. Right after the legacy transmissions, the SCHED message is transmitted that indicates the composition of the

Scheduled Access Period. MIMO-capable STAs not scheduled in a particular Scheduled Access Period may sleep for the remainder of the SCAP and wake up to listen for subsequent SCHED messages.

[00315] Various other modes of operation are enabled with ACF. FIG. 43 shows an example operation where each Beacon interval comprises a number of SCAPs 4100 interspersed with contention-based access periods 4220. This mode permits “fair” sharing of the medium where MIMO QoS flows are scheduled during the SCAP while MIMO non-QoS flows use the contention periods along with legacy STAs, if present. Interspersed periods permit low latency service for MIMO and legacy STAs.

[00316] As described above, the SCHED message in the SCAP may be preceded by a CTS-to-Self for protection from legacy STAs. If no legacy STAs are present, CTS-to-Self (or other legacy clearing signal) is not required. The Beacon 4210 may set a long CFP to protect all SCAPs from any arriving legacy STAs. A CP at the end of the Beacon interval allows newly arriving legacy STAs to access the medium.

[00317] Optimized low-latency operation with a large number of MIMO STAs may be enabled using the example operation shown in FIG. 44. In this example, the assumption is that legacy STAs, if present, require only limited resources. The AP transmits a Beacon, establishing a long CFP 4410 and a short CP 4420. A Beacon 4210 is followed by any broadcast/multicast messages for legacy STAs. Then SCAPs 4100 are scheduled back-to-back. This mode of operation also provides optimized power management, as the STAs need to awake periodically to listen to SCHED messages and may sleep for the SCAP interval if not scheduled in the current SCAP.

[00318] Protected contention-based access for MIMO STAs is provided through the FRACH or MIMO EDCA periods included in the Scheduled Access Period 4130 of the SCAP 4100. Legacy STAs may obtain contention-based access to the medium during the CP 4420.

[00319] Consecutive scheduled transmissions from the AP may be scheduled immediately following transmission of the SCHED frame. The SCHED frame may be transmitted with a preamble. Subsequent scheduled AP transmissions may be transmitted without a preamble (an indicator of whether or not a preamble is included may be transmitted). An example PLCP preamble is detailed further below. Scheduled STA transmissions will begin with a preamble in the example embodiment.

Error Recovery

[00320] The AP may use various procedures for recovery from SCHED receive errors. For example, if a STA is unable to decode a SCHED message, it will not be able to utilize its TXOP. If a scheduled TXOP does not begin at the assigned start time, the AP may initiate recovery by transmitting at a PIFS after the start of the unused scheduled TXOP. The AP may use the period of the unused scheduled TXOP as a CAP. During the CAP, the AP may transmit to one or more STAs or Poll a STA. The Poll may be to the STA that missed the scheduled TXOP or another STA. The CAP is terminated prior to the next scheduled TXOP.

[00321] The same procedures may also be used when a scheduled TXOP terminates early. The AP may initiate recovery by transmitting at a PIFS after the end of the last transmission in the scheduled TXOP. The AP may use the unused period of a scheduled TXOP as a CAP, as just described.

Protected Contention

[00322] As described above, a SCAP may also contain a portion dedicated to FRACH transmissions and/or a portion where MIMO STAs may use EDCA procedures. These contention-based access periods may be protected by the NAV set for the SCAP.

[00323] Protected contention complements low latency scheduled operation by permitting STAs to indicate TXOP requests to assist the AP in scheduling. In the protected EDCA period, MIMO OFDM STAs may transmit frames using EDCA based access (protected from contention with legacy STAs). Using legacy techniques, STAs may indicate TXOP duration request or buffer status in the 802.11e QoS Control field in the MAC Header. However, the FRACH is a more efficient means of providing the same function. During the FRACH period, STAs may use slotted Aloha like contention to access the channel in fixed size FRACH slots. The FRACH PPDU may include the TXOP duration request.

[00324] In the example embodiment, MIMO frame transmissions use the MIMO PLCP Header, detailed below. Since legacy 802.11b, 802.11a, and 802.11g STAs are able to decode only the SIGNAL1 field of the MIMO PLCP header (detailed with respect to FIG. 50, below), in the presence of non-MIMO STAs, MIMO frames must be transmitted with protection. When both legacy and MIMO STAs are present, STAs

using EDCA access procedures may use a legacy RTS/CTS sequence for protection. Legacy RTS/CTS refers to the transmission of RTS/CTS frames using legacy preamble, PLCP header and MAC frame formats.

[00325] MIMO transmissions may also utilize the protection mechanisms provided by the 802.11e HCCA. Thus, transmissions from the AP to STAs, polled transmissions from STAs to the AP, or from a STA to another STA (using the Direct Link Protocol) may be provided protection using the Controlled Access Period (CAP).

[00326] The AP may also use legacy CTS-to-Self for protection of the MIMO Scheduled Access Period (SCAP) from legacy STAs.

[00327] When an AP determines that all STAs present in the BSS are capable of decoding the MIMO PLCP header, it indicates this in a MIMO capabilities element in the Beacon. This is referred to as a MIMO BSS.

[00328] In a MIMO BSS, under both EDCA and HCCA, frame transmissions use the MIMO PLCP header and MIMO OFDM Training symbols according to MIMO OFDM Training symbols aging rules. Transmissions in the MIMO BSS use the MIMO PLCP.

Reduced Inter-Frame Spacing

[00329] Various techniques for generally reducing Inter-Frame Spacing are detailed above. Illustrated here are several examples of reducing inter-frame spacing in this example embodiment. For scheduled transmissions, the start time of the TXOP is indicated in the SCHED message. The transmitting STA may begin its scheduled TXOP at the precise start time indicated in the SCHED message without determining that the medium is idle. As described above, consecutive scheduled AP transmissions during a SCAP are transmitted with no minimum IFS.

[00330] In the example embodiment, consecutive scheduled STA transmissions (from different STAs) are transmitted with an IFS of at least Guard IFS (GIFS). The default value of GIFS is 800 ns. A larger value may be chosen up to the value of Burst IFS (BIFS) defined next. The value of GIFS may be indicated in the ACF capabilities element, described above. Alternate embodiments may employ any values for GIFS and BIFS.

[00331] Consecutive MIMO OFDM PPDU transmissions from the same STA (TXOP bursting) are separated by a BIFS. When operating in the 2.4 GHz band, the BIFS is equal to the 10 μ s and the MIMO OFDM PPDU does not include the 6 μ s OFDM signal

extension. When operating in the 5 GHz band, the BIFS is 10 μ s. In an alternate embodiment, BIFS may be set to a smaller or larger value, including 0. To allow the receiving STA Automatic Gain Control (AGC) to switch between transmissions, a gap larger than 0 may be used when the transmitting STA transmit power is changed.

[00332] Frames that require an immediate response from the receiving STA are not transmitted using a MIMO OFDM PPDU. Instead, they are transmitted using the underlying legacy PPDU, i.e. Clause 19 in the 2.4 GHz band or Clause 17 in the 5 GHz band. Some examples of how legacy and MIMO OFDM PPDU are multiplexed on the medium are shown below.

[00333] First, consider a legacy RTS/CTS followed by MIMO OFDM PPDU bursting. The transmission sequence is as follows: Legacy RTS – SIFS – Legacy CTS – SIFS – MIMO OFDM PPDU – BIFS – MIMO OFDM PPDU. In 2.4 GHz, the legacy RTS or CTS PPDU uses OFDM signal extension and the SIFS is 10 μ s. In 5 GHz, there is no OFDM extension but the SIFS is 16 μ s.

[00334] Second, consider an EDCA TXOP using MIMO OFDM PPDU. The transmission sequence is as follows: MIMO OFDM PPDU – BIFS – Legacy BlockAckRequest – SIFS – ACK. The EDCA TXOP is obtained using EDCA procedures for the appropriate Access Class (AC). As detailed above, EDCA defines access classes that may use different parameters per AC, such as AIFS[AC], CWmin[AC], and CWmax[AC]. The Legacy BlockAckRequest is transmitted with either signal extension or 16 μ s SIFS. If the BlockAckRequest is transmitted in the aggregate frame within the MIMO OFDM PPDU, there is no ACK.

[00335] Third, consider consecutive scheduled TXOPs. The transmission sequence is as follows: STA A MIMO OFDM PPDU – GIFS – STA B MIMO OFDM PPDU. There may be an idle period after the transmission of the STA A MIMO OFDM PPDU if the PPDU transmission is shorter than the assigned maximum permitted TXOP time.

[00336] As described above, decoding and demodulation of coded OFDM transmissions imposes additional processing requirements at the receiving STA. To accommodate this, 802.11a and 802.11g allow additional time for the receiving STA before the ACK must be transmitted. In 802.11a, the SIFS time is set to 16 μ s. In 802.11g the SIFS time is set to 10 μ s but an additional 6 μ s OFDM signal extension is introduced.

[00337] Since decoding and demodulation of MIMO OFDM transmissions may impose even more processing burden, following the same logic, an embodiment may be designed to increase the SIFS or OFDM signal extension, leading to further reduction in

efficiency. In the example embodiment, by extending the Block ACK and Delayed Block Ack mechanisms of 802.11e, the requirement of immediate ACK for all MIMO OFDM transmissions is eliminated. Instead of increasing the SIFS or the signal extension, the signal extension is eliminated, and for many situations the required inter-frame spacing between consecutive transmissions is reduced or eliminated, leading to greater efficiency.

SCHED Message

[00338] FIG. 45 illustrates the SCHED message, introduced above with respect to FIG. 41, and detailed further below. The SCHED message 4120 is a multiple poll message that assigns one or more AP-STA, STA-AP and STA-STA TXOPs for the duration of a Scheduled Access Period (SCAP). Use of the SCHED message permits reduced polling and contention overhead, as well as eliminates unnecessary IFS.

[00339] The SCHED message 4120 defines the schedule for the SCAP. SCHED message 4120 comprises a MAC Header 4510 (15 octets in the example embodiment). In the example embodiment, each of the CTRL0, CTRL1, CTRL2 and CTRL3 segments (referred to generically herein as CTRLJ, where J may be 0 to 3 to illustrate segments 4515 – 4530, respectively) are of variable length and may be transmitted at 6, 12, 18 and 24 Mbps, respectively, when present.

[00340] The example MAC header 4510 comprises Frame Control 4535 (2 octets), Duration 4540 (2 octets), BSSID 4545 (6 octets), Power Management 4550 (2 octets), and MAP 4555 (3 octets). Bits 13-0 of the Duration field 4540 specify the length of the SCAP in microseconds. The Duration field 4540 is used by STAs capable of MIMO OFDM transmissions to set the NAV for the duration of the SCAP. When legacy STAs are present in the BSS, the AP may use other means to protect the SCAP, e.g. a legacy CTS-to-Self. In the example embodiment, the maximum value of the SCAP is 4 ms. The BSSID field 4545 identifies the AP.

[00341] The Power Management field 4550 is shown in FIG. 46. Power Management 4550 comprises SCHED Count 4610, a reserved field 4620 (2 bits), Transmit Power 4630, and Receive Power 4640. The AP transmit power and AP receive power are as indicated in the Power Management field and STA receive power level is measured at the STA.

- [00342] SCHED Count is a field that is incremented at each SCHED transmission (6 bits in this example). The SCHED Count is reset at each Beacon transmission. SCHED Count may be used for various purposes. As an example, a power-saving feature using SCHED Count is described below.
- [00343] The Transmit Power field 4630 represents the transmit power level being used by the AP. In the example embodiment, the 4-bit field is encoded as follows: The value represents the number of 4 dB steps that the transmit power level is below the Maximum Transmit Power Level (in dBm) for that channel as indicated in an information element of the Beacon.
- [00344] The Receive Power field 4640 represents the receive power level expected at the AP. In the example embodiment, the 4-bit field is encoded as follows: The value represents the number of 4 dB steps that the receive power level is above the minimum Receiver Sensitivity Level (-82 dBm). Based on the received power level at a STA, a STA may compute its transmit power level as follows: $\text{STA Transmit Power (dBm)} = \text{AP Transmit Power (dBm)} + \text{AP Receive Power (dBm)} - \text{STA Receive Power (dBm)}$.
- [00345] In the example embodiment, during scheduled STA-STA transmissions, the control segment is transmitted at a power level that may be decoded at both the AP as well as the receiving STA. A power control report from the AP or the Power Management field 4550 in the SCHED frame permits the STA to determine the transmit power level required so that the control segment may be decoded at the AP. This general aspect is detailed above with respect to FIG. 22. For a scheduled STA-STA transmission, when the power required to decode at the AP is different than the power required to decode at the receiving STA, the PPDU is transmitted at the higher of the two power levels.
- [00346] The MAP field 4555, shown in FIG. 47, specifies the presence and duration of protected contention based access periods during the SCAP. MAP field 4555 comprises FRACH Count 4710, FRACH Offset 4720, and EDCA Offset 4730. The example FRACH Count 4710 (4 bits) is the number of FRACH slots scheduled starting at the FRACH Offset 4720 (10 bits). Each FRACH slot is 28 μ s. An FRACH Count value of '0' indicates that there is no FRACH period in the current Scheduled Access Period. The EDCA Offset 4730 is the start of the protected EDCA period. The example EDCA Offset 4730 is 10 bits. Both the FRACH Offset 4720 and the EDCA Offset 4730 are in units of 4 μ s starting from the beginning of the SCHED frame transmission.

[00347] The SCHED message 4120 is transmitted as a special SCHED PPDU 5100 (Type 0010), detailed further below with respect to FIG. 51. The presence within SCHED message 4120 and length of the CTRL0 4515, CTRL1 4520, CTRL2 4525, and CTRL3 4530 segments are indicated in the SIGNAL field (5120 and 5140) of the PLCP Header of the SCHED PPDU 5100.

[00348] FIG. 48 illustrates SCHED control frames for TXOP assignment. Each of the CTRL0 4515, CTRL1 4520, CTRL2 4525, and CTRL3 4530 segments are of variable length and each comprises zero or more assignment elements (4820, 4840, 4860, and 4880, respectively). A 16-bit FCS (4830, 4850, 4870, and 4890, respectively) and 6 tail bits (not shown) are added per CTRLJ segment. For the CTRL0 segment 4515 the FCS is computed over the MAC Header 4510 and any CTRL0 assignment elements 4820 (thus MAC Header is shown prepended to CTRL0 4515 in FIG. 48). In the example embodiment, the FCS 4830 for CTRL0 4515 is included even if no assignment elements are included in the CTRL0 segment.

[00349] As detailed herein, the AP transmits assignments for AP-STA, STA-AP and STA-STA transmissions in the SCHED frame. Assignment elements to different STAs are transmitted in a CTRLJ segment as indicated by the STA in the SCHED Rate field of the PLCP header of its transmissions. Note that CTRL0 through CTRL3 correspond to decreasing robustness. Each STA begins decoding the PLCP Header of the SCHED PPDU. The SIGNAL field indicates the presence and length of CTRL0, CTRL1, CTRL2 and CTRL3 segments in the SCHED PPDU. The STA receiver begins with decoding the MAC Header and CTRL0 segment, decoding each assignment element until the FCS, and it continues to subsequently decode CTRL1, CTRL2 and CTRL3, stopping at the CTRLJ segment whose FCS it is unable to verify.

[00350] Five types of assignment elements are defined as shown in Table 3. A number of assignment elements may be packed into each CTRLJ segment. Each assignment element specifies the transmitting STA Access ID (AID), the receiving STA AID, the start time of the scheduled TXOP and the maximum permitted length of the scheduled TXOP.

Table 3. Assignment Element Types

Type (3 bits)	Assignment Element Type	Fields (Lengths in bits)	Total Length in bits
000	Simplex AP-STA	Preamble Present (1) AID (16) Start Offset (10) TXOP Duration (10)	40
001	Simplex STA-AP	AID (16) Start Offset (10) TXOP Duration (10)	39
010	Duplex AP-STA	Preamble Present (1) AID (16) AP Start Offset (10) AP TXOP Duration (10) STA Start Offset (10) STA TXOP Duration (10)	60
011	Simplex STA-STA	Transmit AID (16) Receive AID (16) Start Offset (10) Max PPDU Size (10)	55
100	Duplex STA-STA	AID 1 (16) AID 2 (16) STA 1 Start Offset (10) STA 1 Max PPDU Size (10) STA 2 Start Offset (10) STA 2 Max PPDU Size (10)	75

[00351] The preamble may be eliminated in consecutive transmissions from the AP. The Preamble Present bit is set to 0 if the AP will not transmit a preamble for a scheduled AP transmission. An example benefit of preamble elimination is when the AP has low bandwidth, low latency flows to several STAs, such as in a BSS with many Voice over IP (VoIP) flows. Therefore, the SCHED frame permits the aggregation of transmissions from the AP to several receiving STAs (i.e. PPDU aggregation, described above). Frame Aggregation, as defined above, permits the aggregation of frames to one receiving STA.

[00352] The Start Offset field is in multiples of 4 μ s referenced from the start time of the SCHED message preamble. The AID is the Access ID of the assigned STA(s).

[00353] For all assignment element types except scheduled STA-STA transmissions, the TXOP Duration field is the maximum permitted length of the scheduled TXOP in multiples of 4 μ s. The actual PPDU Size of the transmitted PPDU is indicated in the SIGNAL1 field of the PPDU (detailed further below).

[00354] For scheduled STA-STA transmissions (Assignment Element Types 011 and 100), the Max PPDU Size field is also the maximum permitted length of the scheduled TXOP in multiples of 4 μ s, however additional rules may apply. In the example embodiment, for scheduled STA-STA transmissions, the TXOP contains only one PPDU. The receiving STA uses the Max PPDU Size indicated in the assignment element to determine the number of OFDM symbols in the PPDU (since the PPDU Size field is replaced by a Request field in the SIGNAL1, detailed below with respect to FIG. 51). If the STA-STA flow uses OFDM symbols with the standard Guard Interval (GI), the receiving STA sets the PPDU Size for the scheduled TXOP to the Max PPDU Size indicated in the assignment element. If the STA-STA flow uses OFDM symbols with shortened GI, the receiving STA determines the PPDU Size by scaling up the Max PPDU Size field by a factor of 10/9 and rounding down. The transmitting STA may transmit a PPDU shorter than the assigned Max PPDU Size. The PPDU Size does not provide the length of the aggregated MAC frame to the receiver. The length of the encapsulated frames is included in the Aggregation header of each MAC frame.

[00355] Inclusion of the transmitting and receiving STA in the assignment elements permits power saving at STAs that are not scheduled to transmit or receive during the SCAP. Recall the SCHED Count field introduced above. Each assignment scheduled by the SCHED message specifies the transmitting STA AID, the receiving STA AID, the start time of the scheduled TXOP, and the maximum permitted length of the scheduled TXOP. The SCHED Count is incremented at each SCHED transmission and is reset at each Beacon transmission. STAs may indicate a power-save operation to the AP, and thus are provided specific SCHED Count values during which they may be assigned scheduled transmit or receive TXOPs by the AP. STAs may then wake up periodically only to listen for SCHED messages with an appropriate SCHED Count.

PPDU Formats

[00356] FIG. 49 depicts a legacy 802.11 PPDU 4970, comprising a PLCP preamble 4975 (12 OFDM symbols), a PLCP header 4910, a variable length PSDU 4945, a 6-bit tail 4950, and variable length pad 4955. A portion 4960 of PPDU 4970 comprises a SIGNAL field (1 OFDM symbol) transmitted using BPSK at rate = 1/2, and a variable length data field 4985, transmitted with the modulation format and rate indicated in SIGNAL 4980. PLCP header 4910 comprises SIGNAL 4980 and 16-bit Service field

4940 (which is included in DATA 4985, and transmitted according to its format). SIGNAL field 4980 comprises Rate 4915 (4 bits), reserved field 4920 (1 bit), Length 4925 (12 bits), Parity bit 4930, and Tail 4935 (6 bits).

[00357] The extended SIGNAL fields (detailed below) in the example PLCP Header (detailed below) is backward compatible with the SIGNAL field 4980 of legacy 802.11. Unused values of the RATE field 4915 in legacy SIGNAL field 4980 are set to define new PPDU types (detailed below).

[00358] Several new PPDU types are introduced. For backward compatibility with legacy STAs, the RATE field in the SIGNAL field of the PLCP Header is modified to a RATE/Type field. Unused values of RATE are designated as PPDU Type. The PPDU Type also indicates the presence and length of a SIGNAL field extension designated SIGNAL2. New values of the RATE/Type field are defined in Table 4. These values of the RATE/Type field are undefined for legacy STAs. Therefore, legacy STAs will abandon decoding of the PPDU after successfully decoding the SIGNAL1 field and finding an undefined value in the RATE field.

[00359] Alternately, the Reserved bit in the legacy SIGNAL field may be set to '1' to indicate a MIMO OFDM transmission to a new class STA. Receiving STAs may ignore the Reserved bit and continue to attempt to decode the SIGNAL field and the remaining transmission.

[00360] The receiver is able to determine the length of the SIGNAL2 field based on the PPDU Type. The FRACH PPDU appears only in a designated portion of the SCAP and needs to be decoded only by the AP.

Table 4. MIMO PPDU Types

RATE/Type (4 bits)	MIMO PPDU	SIGNAL2 Field Length (OFDM Symbols)
0000	MIMO BSS IBSS or MIMO AP transmission (except SCHED PPDU).	1
0010	MIMO BSS SCHED PPDU	1
0100	MIMO BSS FRACH PPDU	2

[00361] FIG. 50 depicts MIMO PPDU format 5000 for data transmissions. PPDU 5000 is referred to as PPDU Type 0000. PPDU 5000 comprises a PLCP preamble 5010, SIGNAL 1 5020 (1 OFDM symbol), SIGNAL 2 5040 (1 OFDM symbol), Training Symbols 5060 (0, 2, 3, or 4 symbols), and a variable length Data field 5080. PLCP

preamble 5010, when present, is 16 μ s in the example embodiment. SIGNAL 1 5020 and SIGNAL 2 5040 are transmitted using the PPDU control segment rate and modulation format. Data 5080 comprises Service 5082 (16 bits), Feedback 5084 (16 bits), a variable length PSDU 5086, Tail 5088 (6 bits per stream) where a separate convolutional channel code is applied to each stream, and variable length Pad 5090. Data 5080 is transmitted using the PPDU data segment rate and modulation format.

[00362] The MIMO PLCP header for PPDU Type 0000 comprises the SIGNAL (including SIGNAL1 5020 and SIGNAL2 5040), SERVICE 5082 and FEEDBACK 5084 fields. The SERVICE field is unchanged from legacy 802.11, and is transmitted using the data segment rate and format.

[00363] The FEEDBACK field 5084 is transmitted using the data segment rate and format. The FEEDBACK field comprises the ES field (1 bit), the Data Rate Vector Feedback (DRVF) field (13 bits), and a Power Control field (2 bits).

[00364] The ES field indicates the preferred steering method. In the example embodiment, Eigenvector Steering (ES) is selected when the ES bit is set, and Spatial Spreading (SS) is selected otherwise.

[00365] The Data Rate Vector Feedback (DRVF) field provides feedback to the peer station regarding the sustainable rate on each of up to four spatial modes.

[00366] Explicit rate feedback allows stations to quickly and accurately maximize their transmission rates, dramatically improving efficiency of the system. Low latency feedback is desirable. However, feedback opportunities need not be synchronous. Transmission opportunities may be obtained in any manner, such as contention-based (i.e. EDCA), polled (i.e. HCF), or scheduled (i.e. ACF). Therefore, variable amounts of time may pass between transmission opportunities and rate feedback. Based on the age of the rate feedback, the transmitter may apply a back-off to determine the transmission rate.

[00367] The PPDU data segment rate adaptation for transmissions from STA A to STA B relies on feedback provided by STA B to STA A (described earlier, see FIG. 24, for example). For either ES or SS mode of operation, each time STA B receives MIMO OFDM Training Symbols from the STA A, it estimates the data rates that can be achieved on each spatial stream. In any subsequent transmission from STA B to STA A, STA B includes this estimate in the DRVF field of FEEDBACK 5084. The DRVF field is transmitted at the data segment 5080 rate.

[00368] When transmitting to STA B, STA A determines what transmission rates to use based on the DRVF it received from STA B, with an optional back-off as necessary to account for delays. The SIGNAL field (detailed below) contains the 13-bit DRV field 5046 that allows the receiving STA B to decode the frame transmitted from STA A. The DRV 5046 is transmitted at the control segment rate.

[00369] The DRVF field is encoded comprising a STR field (4 bits), an R2 field (3 bits), an R3 field (3 bits), and an R4 field (3 bits). The STR field indicates the Rate for Stream 1. This field is coded as STR Value shown in Table 5. R2 indicates the difference between the STR Value for Stream 1 and the STR Value for Stream 2. An R2 value of "111" indicates that Stream 2 is off. R3 indicates the difference between the STR Value for Stream 2 and the STR Value for Stream 3. An R3 value of "111" indicates that Stream 3 is off. If R2 = "111", then R3 is set to "111". R4 indicates the difference between the STR Value for Stream 3 and the STR Value for Stream 4. An R4 value of "111" indicates that Stream 4 is off. If R3 = "111", then R4 is set to "111".

[00370] When $ES = 0$, i.e. spatial spreading, an alternate encoding of the DRVF is as follows: Number of Streams (2 bits), Rate per Stream (4 bits). The Rate per Stream field is coded as STR Value above. The remaining 7 bits are Reserved.

Table 5. STR Encoding

STR Value	Coding Rate	Modulation Format	Bits/symbol per Stream
0000	1/2	BPSK	0.5
0001	3/4	BPSK	0.75
0010	1/2	QPSK	1.0
0011	3/4	QPSK	1.5
0100	1/2	16 QAM	2.0
0101	5/8	16 QAM	2.5
0110	3/4	16 QAM	3.0
0111	7/12	64 QAM	3.5
1000	2/3	64 QAM	4.0
1001	3/4	64 QAM	4.5
1010	5/6	64 QAM	5.0
1011	5/8	256 QAM	5.0
1100	3/4	256 QAM	6.0
1101	7/8	256 QAM	7.0

[00371] In addition to the DRVF, STA B also provides power control feedback to the transmitting STA A. This feedback is included in the Power Control field and is also transmitted at the data segment rate. This field is 2 bits and indicates either to increase

or decrease power or to leave the power level unchanged. The resultant transmit power level is designated the Data Segment Transmit Power level.

[00372] Example Power Control field values are illustrated in Table 6. Alternate embodiments may deploy power control fields of various sizes, and with alternate power adjustment values.

Table 6. Power Control Field Values

Power Control Field	Meaning
00	No Change
01	Increase power by 1dB
10	Decrease power by 1dB
11	Reserved

[00373] The transmit power level remains constant for the entire PPDU. When the Data Segment Transmit Power Level and the Open Loop STA Transmit Power (i.e. the power level required for the AP to decode the transmission, detailed above) are different, the PPDU is transmitted at the maximum of the two power levels. That is, PPDU Transmit Power Level is the maximum of the Open Loop STA Transmit Power (dBm) and the Data Segment Transmit Power (dBm).

[00374] In the example embodiment, the Power Control field is set to "00" in the first frame of any frame exchange sequence. In subsequent frames, it indicates the increase or decrease of power in 1dB steps. The receiving STA will use this feedback information in all subsequent frame transmissions to that STA.

[00375] SIGNAL1 5020 comprises RATE/Type field 5022 (4 bits), 1 Reserved Bit 5024, PPDU Size/Request 5026 (12 bits), Parity bit 5028, and a 6-bit Tail 5030. The SIGNAL1 field 5020 is transmitted using the control segment rate and format (6 Mbit/s, in the example embodiment). The RATE/Type field 5022 is set to 0000. The Reserved bit 5024 may be set to 0.

[00376] The PPDU Size/Request Field 5026 serves two functions, depending on the transmission mode. In contention-based STA transmissions and all AP transmissions, this field denotes the PPDU Size. In this first mode, Bit 1 indicates that the PPDU uses expanded OFDM symbols, Bit 2 indicates that the PPDU uses OFDM symbols with shortened GI, and Bits 3-12 indicate the number of OFDM symbols.

- [00377] In scheduled non-AP STA transmissions, PPDU Size/Request Field 5026 denotes Request. In this second mode, Bits 1-2 indicate the SCHED Rate. SCHED Rate indicates the highest numbered SCHED (0, 1, 2 or 3) field that may be used to transmit an assignment to the STA. During Training symbol transmissions from the AP, each non-AP STA estimates the rate at which it can robustly receive SCHED frame transmissions from the AP. In subsequent scheduled transmissions from the STA, this maximum permissible rate is included in the SCHED Rate field. This field is decoded by the AP. The AP uses this information to schedule subsequent TXOPs for the STA and determines the CTRLJ (0, 1, 2, or 3) for issuing those allocations to the STA.
- [00378] In the second mode, Bits 3-4 indicate the QoS field, which identifies the fraction (in thirds) of the request that is for TC 0 or 1 (i.e. 0%, 33%, 67%, 100%). Bits 5-12 indicate the requested length of TXOP (in multiples of 16 μ s, in the example embodiment).
- [00379] The SIGNAL1 field 5020 is checked by 1 Parity bit 5028 and terminated with a 6-bit Tail 5030 for the convolutional encoder.
- [00380] The presence and length of the SIGNAL2 field 5040 is indicated by the RATE/Type field 5022 in SIGNAL1 5020. The SIGNAL2 field 5040 is transmitted using the control segment rate and format. SIGNAL2 5040 comprises a Reserved bit 5042, Training Type 5044 (3 bits), Data Rate Vector (DRV) 5046 (13 bits), Parity bit 5048, and Tail 5050 (6 bits). The 3-bit Training Type field indicates the length and format of the MIMO OFDM Training symbols. Bits 1-2 indicate the number of MIMO OFDM Training Symbols 5060 (0, 2, 3 or 4 OFDM symbols). Bit 3 is the Training Type field: 0 indicates SS, 1 indicates ES. The DRV 5046 provides the rate for each of up to four spatial modes. The DRV 5046 is encoded in the same manner as DRVF (included in FEEDBACK 5084, detailed above). The SIGNAL2 field 5040 is checked by 1 Parity bit 5048 and terminated with a 6-bit Tail 5050 for the convolutional encoder.
- [00381] FIG. 51 depicts SCHED PPDU 5100 (Rate/Type = 0010). SCHED PPDU 5100 comprises a PLCP preamble 5110, SIGNAL 1 5120 (1 OFDM symbol), SIGNAL 2 5140 (1 OFDM symbol), Training Symbols 5160 (0, 2, 3, or 4 symbols), and a variable length SCHED Frame 5180. PLCP preamble 5010, when present, is 16 μ s in the example embodiment. SIGNAL 1 5020 and SIGNAL 2 5040 are transmitted using the PPDU control segment rate and modulation format. SCHED Frame 5180 may include various rates, as detailed above, with respect to the ACF description.

- [00382] SIGNAL1 5120 comprises RATE/Type 5122 (4 bits), a Reserved bit 5124, CTRL0 Size 5126 (6 bits), CTRL1 Size 5128 (6 bits), Parity bit 5130, and Tail 5132 (6 bits). RATE/Type 5122 is set to 0010. The Reserved bit 5124 may be set to 0. CTRL0 Size 5126 indicates the length of the segment of the SCHED PPDU transmitted at the lowest rate (6 Mbps in this example). This segment includes the SERVICE field of the PLCP Header, the MAC Header and the CTRL0 segment 5126. The value is encoded in multiples of 4 μ s, in this example. CTRL1 Size 5128 indicates the length of the segment of the SCHED PPDU transmitted at the next higher rate (12 Mbps in this example). The value is encoded in multiples of 4 μ s, in this example. A CTRL1 Size of '0' indicates that the corresponding CTRL1 segment is not present in the SCHED PPDU. The SIGNAL1 field 5120 is checked by 1 Parity bit 5130 and terminated with a 6-bit Tail 5132 for the convolutional encoder.
- [00383] SIGNAL2 5140 comprises a Reserved bit 5142, Training Type 5144 (3 bits), CTRL2 Size 5146 (5 bits), CTRL3 Size 5148 (5 bits), FCS 5150 (4 bits), and Tail 5152 (6 bits). The Reserved bit 5142 may be set to 0. Training Type 5144 is as specified for PPDU Type 0000 (Training Type 5044).
- [00384] CTRL2 Size 5146 indicates the length of the segment of the SCHED PPDU transmitted at the next highest rate (18 Mbps in this example). The value is encoded in multiples of 4 μ s, in this example. A CTRL2 Size of '0' indicates that the corresponding CTRL2 segment is not present in the SCHED PPDU. CTRL3 Size 5148 indicates the length of the segment of the SCHED PPDU transmitted at the highest rate (24 Mbps in this example). The value is encoded in multiples of 4 μ s, in this example. A CTRL2 Size of '0' indicates that the corresponding CTRL3 segment is not present in the SCHED PPDU.
- [00385] FCS 5150 is computed over the entire SIGNAL1 and SIGNAL2 fields. The SIGNAL2 field 5152 is terminated with a 6-bit Tail 5152 for the convolutional encoder.
- [00386] FIG. 52 depicts FRACH PPDU 5200 (Rate/Type = 0100). FRACH PPDU 5200 comprises a PLCP preamble 5210, SIGNAL 1 5220 (1 OFDM symbol), and SIGNAL 2 5240 (2 OFDM symbols). PLCP preamble 5210, when present, is 16 μ s in the example embodiment. SIGNAL 1 5220 and SIGNAL 2 5240 are transmitted using the PPDU control segment rate and modulation format. The FRACH PPDU 5200 is transmitted by a STA during the FRACH period within the MIMO Scheduled Access Period. The FRACH period is established by and therefore known to the AP (as detailed above).

- [00387] SIGNAL1 5220 comprises RATE/Type 5222 (4 bits), a Reserved bit 5224, Request 5226 (12 bits), Parity bit 5228, and Tail 5230 (6 bits). RATE/Type 5222 is set to 0100. The Reserved bit 5124 may be set to 0. The Request Field 5226 is as specified for PPDU Type 0000 (5000), detailed above. The SIGNAL1 field 5220 is checked by 1 Parity bit 5228 and terminated with a 6-bit Tail 5230 for the convolutional encoder.
- [00388] SIGNAL2 5240 comprises a Reserved bit 5242, Source AID 5244 (16 bits), Destination AID 5246 (16 bits), FCS 5248 (4 bits), and Tail 5250 (6 bits). The Reserved bit 5242 may be set to 0. Source AID 5244 identifies the STA transmitting on the FRACH. Destination AID 5246 identifies the destination STA for which a TXOP is being requested. In the example embodiment, in the case where the destination is the AP, the value of the Destination AID field 5246 is set to 2048. A 4-bit FCS 5248 is computed over the entire SIGNAL1 and SIGNAL2 fields. A 6 bit Tail 5250 is added prior to convolutional encoding.
- [00389] In the example embodiment, STAs may use slotted Aloha to access the channel and transmit the request message in the FRACH. If received successfully by the AP, the AP provides the requesting STA with a scheduled TXOP in a subsequent scheduled access period. The number of FRACH slots for the current scheduled access period is indicated in the SCHED message, N_FRACH.
- [00390] The STA may also maintain a variable B_FRACH. Following a transmission on the FRACH, if the STA receives a TXOP assignment from the AP, it resets B_FRACH. If the STA does not receive a TXOP assignment within a predetermined number, FRACH RESPONSE, of SCHED transmissions from the AP, B_FRACH is incremented by 1 up to a maximum value of 7. The parameter FRACH RESPONSE is included in an ACF element of the Beacon. During any FRACH, the STA picks a FRACH slot with probability $(N_FRACH)^{-1} * 2^{-B_FRACH}$.
- [00391] If no FRACH period is scheduled by the AP, MIMO STAs may contend during the protected contention period during the SCAP using EDCA rules.
- [00392] Those of skill in the art would understand that information and signals may be represented using any of a variety of different technologies and techniques. For example, data, instructions, commands, information, signals, bits, symbols, and chips that may be referenced throughout the above description may be represented by voltages, currents, electromagnetic waves, magnetic fields or particles, optical fields or particles, or any combination thereof.

[00393] Those of skill would further appreciate that the various illustrative logical blocks, modules, circuits, and algorithm steps described in connection with the embodiments disclosed herein may be implemented as electronic hardware, computer software, or combinations of both. To clearly illustrate this interchangeability of hardware and software, various illustrative components, blocks, modules, circuits, and steps have been described above generally in terms of their functionality. Whether such functionality is implemented as hardware or software depends upon the particular application and design constraints imposed on the overall system. Skilled artisans may implement the described functionality in varying ways for each particular application, but such implementation decisions should not be interpreted as causing a departure from the scope of the present invention.

[00394] The various illustrative logical blocks, modules, and circuits described in connection with the embodiments disclosed herein may be implemented or performed with a general purpose processor, a digital signal processor (DSP), an application specific integrated circuit (ASIC), a field programmable gate array (FPGA) or other programmable logic device, discrete gate or transistor logic, discrete hardware components, or any combination thereof designed to perform the functions described herein. A general purpose processor may be a microprocessor, but in the alternative, the processor may be any conventional processor, controller, microcontroller, or state machine. A processor may also be implemented as a combination of computing devices, e.g., a combination of a DSP and a microprocessor, a plurality of microprocessors, one or more microprocessors in conjunction with a DSP core, or any other such configuration.

[00395] The steps of a method or algorithm described in connection with the embodiments disclosed herein may be embodied directly in hardware, in a software module executed by a processor, or in a combination of the two. A software module may reside in RAM memory, flash memory, ROM memory, EPROM memory, EEPROM memory, registers, hard disk, a removable disk, a CD-ROM, or any other form of storage medium known in the art. An exemplary storage medium is coupled to the processor such the processor can read information from, and write information to, the storage medium. In the alternative, the storage medium may be integral to the processor. The processor and the storage medium may reside in an ASIC. The ASIC may reside in a user terminal. In the alternative, the processor and the storage medium may reside as discrete components in a user terminal.

[00396] Headings are included herein for reference and to aid in locating various sections. These headings are not intended to limit the scope of the concepts described with respect thereto. Such concepts may have applicability throughout the entire specification.

[00397] The previous description of the disclosed embodiments is provided to enable any person skilled in the art to make or use the present invention. Various modifications to these embodiments will be readily apparent to those skilled in the art, and the generic principles defined herein may be applied to other embodiments without departing from the spirit or scope of the invention. Thus, the present invention is not intended to be limited to the embodiments shown herein but is to be accorded the widest scope consistent with the principles and novel features disclosed herein.

WHAT IS CLAIMED IS:

CLAIMS

1. A data frame comprising:
 - a common portion, for transmission according to a first format receivable by one or more first stations; and
 - a dedicated portion, for transmission according to a second format receivable by a second station.
2. The data frame of claim 1, wherein the common portion comprises an unsteered reference.
3. The data frame of claim 1, wherein the second format comprises steering.
4. An apparatus comprising:
 - circuitry for transmitting a frame from a first station to a second station, the frame comprising:
 - a common portion, transmitted according to a first format receivable by one or more third stations; and
 - a dedicated portion, transmitted according to a second format selected to be receivable by the second station.
5. A wireless communication system comprising:
 - one or more first stations;
 - a second station; and
 - a third station for transmitting a frame to the second station, the frame comprising:
 - a common portion, transmitted according to a first format receivable by the one or more first stations; and
 - a dedicated portion, transmitted according to a second format receivable by the second station.
6. An apparatus comprising:
 - means for transmitting a frame from a first station to a second station, the frame comprising:

a common portion, transmitted according to a first format receivable by one or more third stations; and

a dedicated portion, transmitted according to a second format selected to be receivable by the second station.

7. A method comprising:
transmitting a frame from a first station to a second station, the frame comprising:
a common portion, transmitted according to a first format receivable by one or more third stations; and
a dedicated portion, transmitted according to a second format selected to be receivable by the second station.
8. The method of claim 7, wherein the common portion comprises an unsteered reference.
9. The method of claim 7, wherein the second format comprises steering the dedicated portion.
10. The method of claim 7, wherein the first portion comprises a data indication for future transmission.
11. The method of claim 10, wherein the second station receives the data indication.
12. The method of claim 10, wherein the data indication is an allocation request.
13. The method of claim 10, wherein the one or more third stations comprises an access point, and wherein the access point:
receives the data indication in the common portion of the first station to second station transmission;
schedules an allocation in response to the data indication; and
transmits the allocation to the first station.
14. The method of claim 13, wherein the allocation is transmitted in a consolidated

poll.

15. A wireless communication system, operable for communicating on a shared medium, access to the shared medium allocated to at least a first portion corresponding to a first duration and at least a second portion corresponding to a second duration, the wireless communication system comprising:

means for accessing the medium with a first station using a contention-based procedure, during the first portion, to transmit to a second station; and

means for accessing the medium with a third station, in accordance with an access allocation, during the second portion, to transmit to a fourth station.

16. A method for communicating on a shared medium, access to the shared medium allocated to at least a first portion corresponding to a first duration and at least a second portion corresponding to a second duration, the method comprising:

accessing the medium with a first station using a contention-based procedure, during the first portion, to transmit to a second station; and

accessing the medium with a third station, in accordance with an access allocation, during the second portion, to transmit to a fourth station.

17. The method of claim 16, wherein the first station and the third station are the same station.

18. The method of claim 16, wherein the first station and the fourth station are the same station.

19. The method of claim 16, wherein the second station and the third station are the same station.

20. The method of claim 16, wherein the second station and the fourth station are the same station.

21. An apparatus comprising:

means for earning a transmission opportunity; and

means for transmitting a frame to a remote station, at least a portion of the frame

transmitted using steering.

22. Computer readable media operable to perform the following steps:
earning a transmission opportunity; and
transmitting a frame to a remote station, at least a portion of the frame transmitted using steering.
23. A wireless communication system comprising:
an access point;
a first station; and
a second station for:
earning a transmission opportunity from the access point; and
transmitting a frame to the first station during the transmission opportunity, at least a portion of the frame transmitted using steering.
24. A method for forming a direct link between a first station and a second station, comprising:
earning a transmission opportunity; and
transmitting a frame to a remote station, at least a portion of the frame transmitted using steering.
25. The method of claim 24, wherein earning the transmission opportunity comprises:
requesting an allocation on a shared medium from a scheduling station;
receiving an allocation from the scheduling remote station in response to the allocation request.
26. The method of claim 24, wherein earning the transmission opportunity comprises contending for access on a shared medium.
27. A wireless communication system, comprising:
means for transmitting a pilot from a first station to a second station;
means for measuring the pilot at the second remote station and determining feedback therefrom;

means for transmitting the feedback from the second station to the first station;
and

means for transmitting data from the first station to the second station in
accordance with the feedback.

28. A method, comprising:
transmitting a pilot from a first station to a second station;
measuring the pilot at the second remote station and determining feedback
therefrom;
transmitting the feedback from the second station to the first station; and
transmitting data from the first station to the second station in accordance with
the feedback.

29. The method of claim 28, wherein the data comprises one or more frames, each
frame comprising:
a common portion, transmitted according to a first format receivable by
one or more third stations; and
a dedicated portion, transmitted according to a second format selected to
be receivable by the second station.

30. The method of claim 28, further comprising transmitting data along with the
transmitted feedback.

31. The method of claim 28, further comprising transmitting a second pilot along
with the transmitted feedback.

32. The method of claim 31, further comprising measuring the second pilot and
determining feedback therefrom.

33. The method of claim 28, further comprising transmitting a data indication along
with the pilot.

34. The method of claim 28, further comprising transmitting data along with the
transmitted feedback.

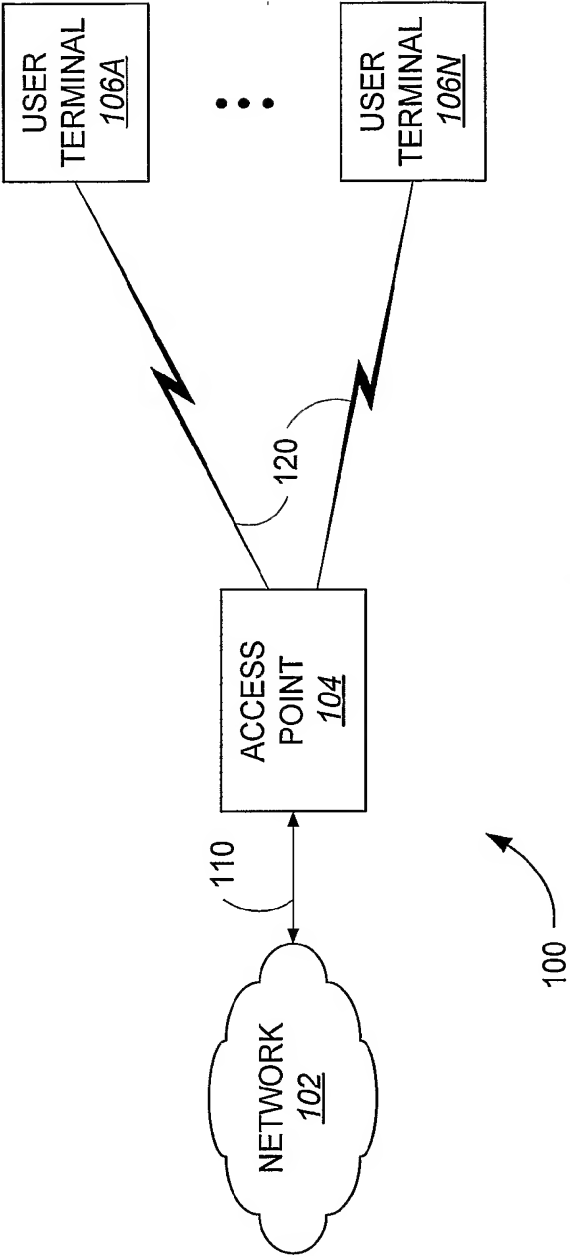


FIG. 1

2/41

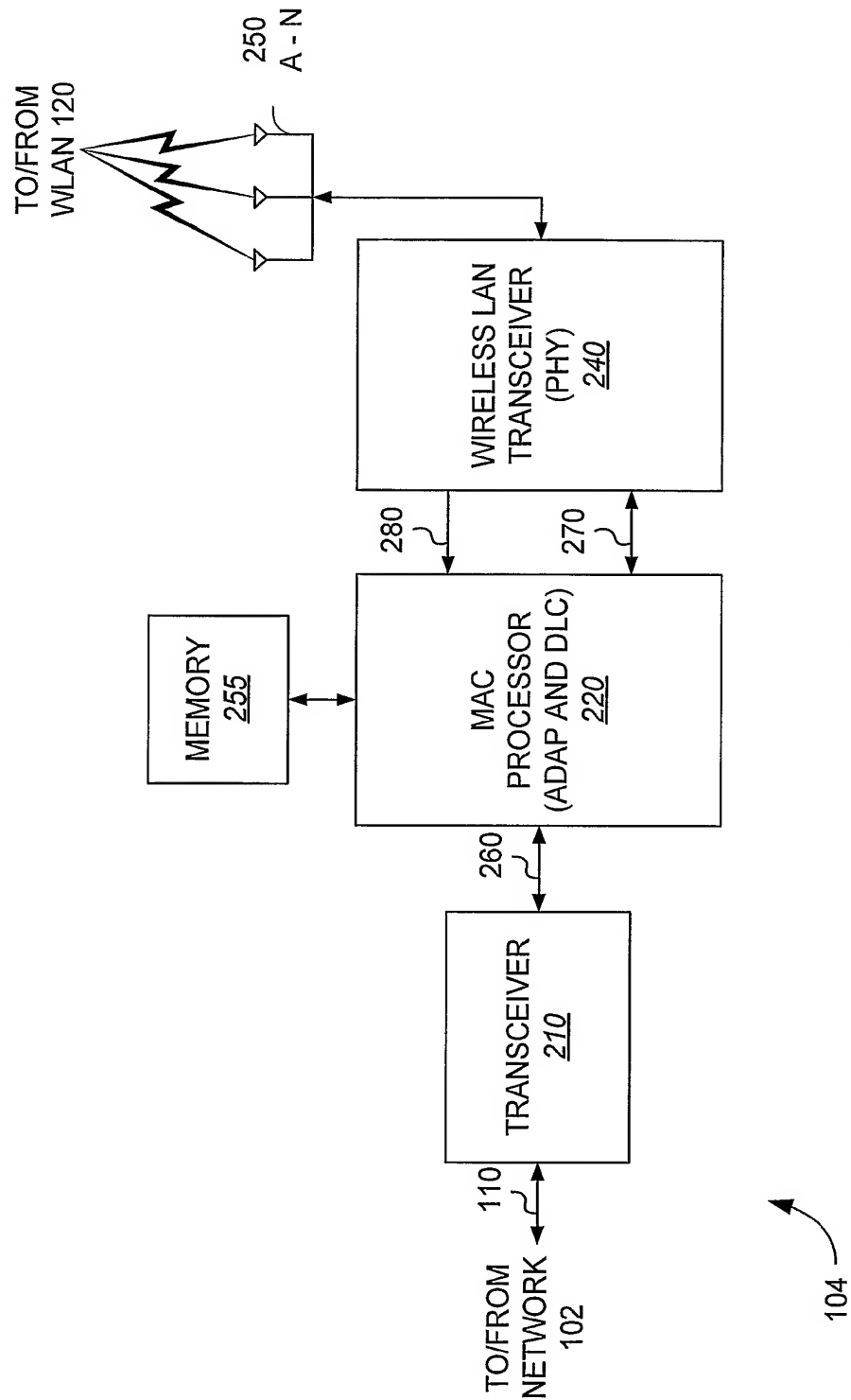
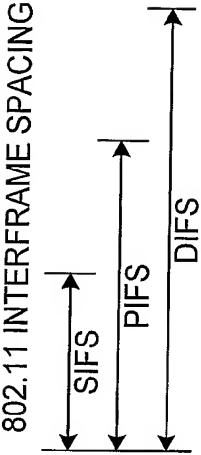
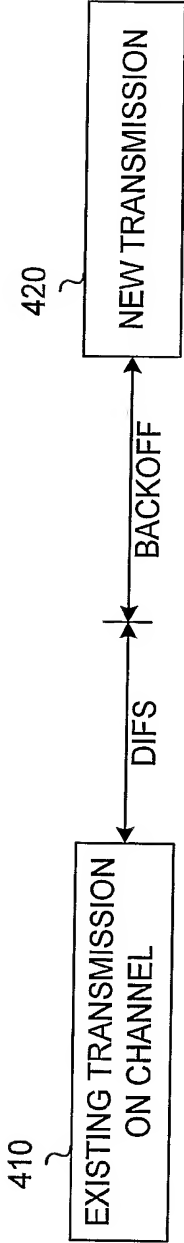


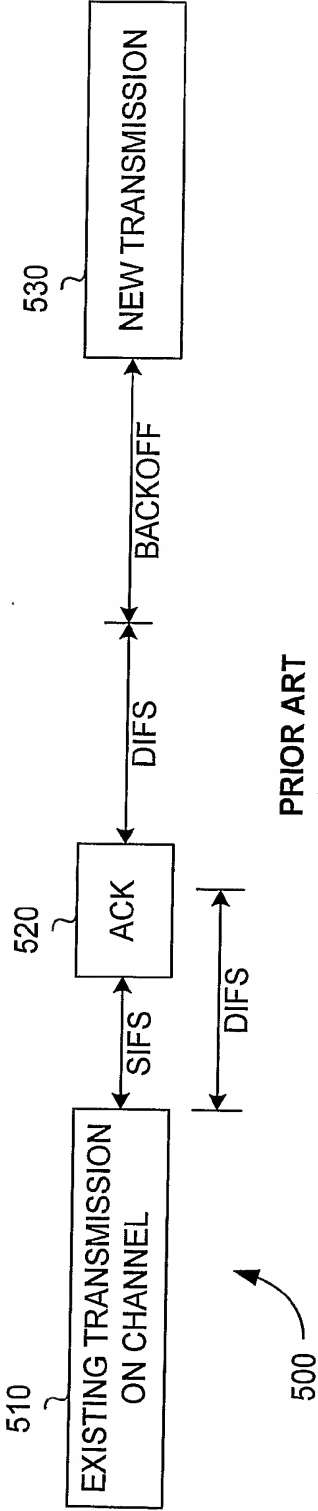
FIG. 2



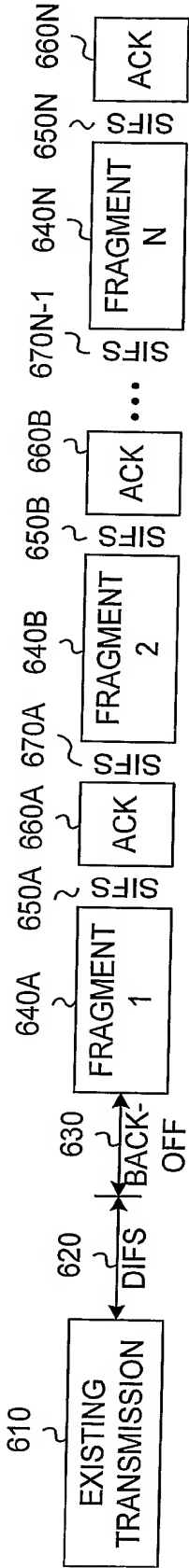
PRIOR ART
FIG. 3



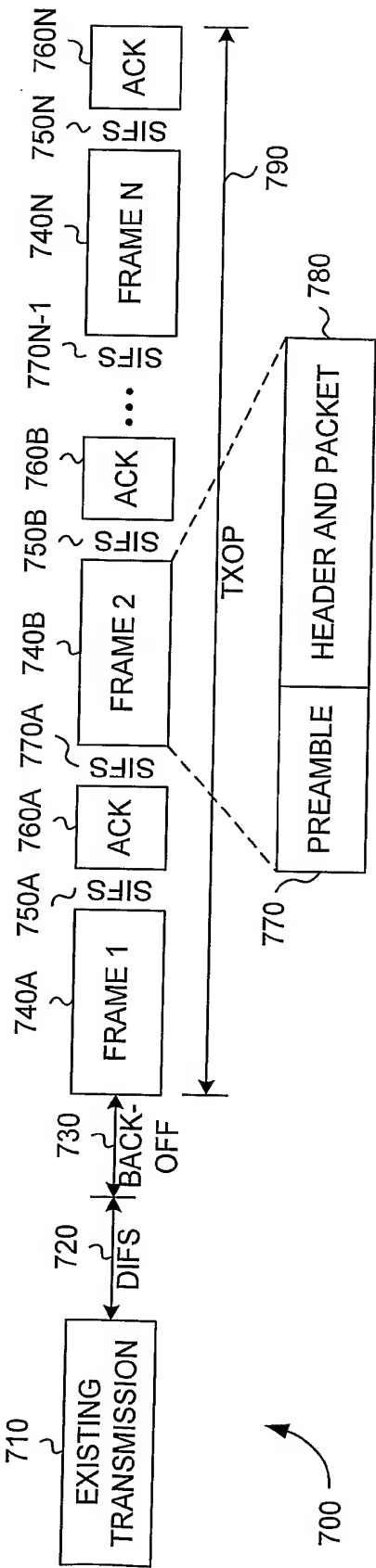
PRIOR ART
FIG. 4



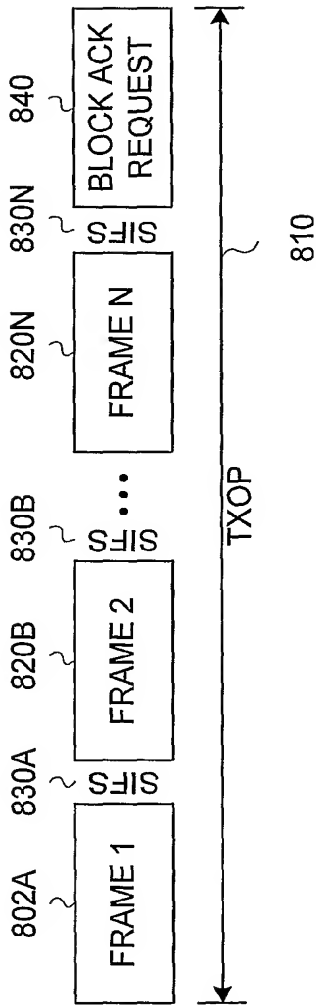
PRIOR ART
FIG. 5



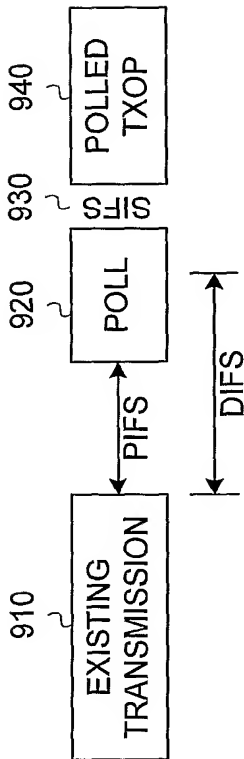
PRIOR ART
FIG. 6



PRIOR ART
FIG. 7



PRIOR ART
FIG. 8



PRIOR ART
FIG. 9

900

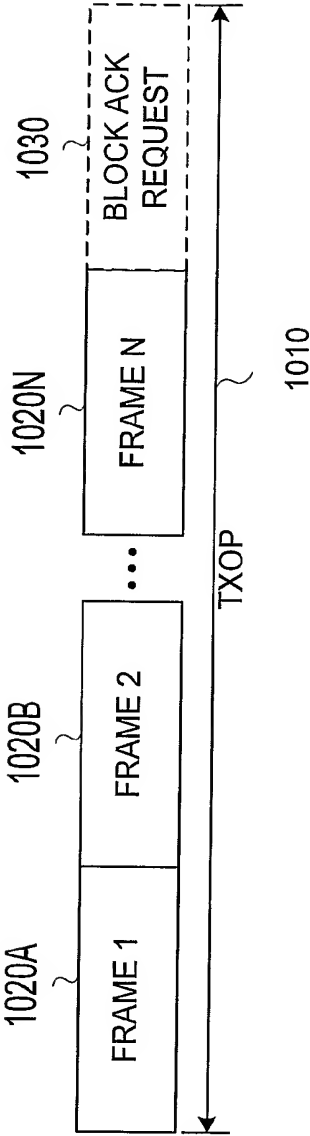


FIG. 10

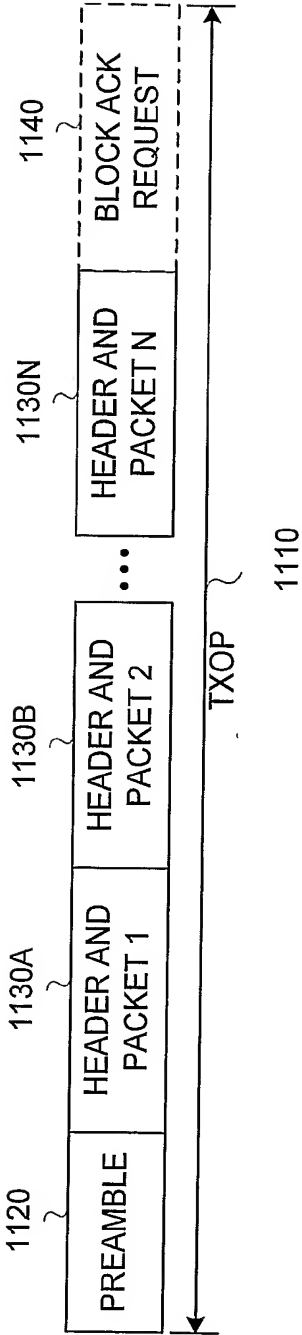


FIG. 11

7/41

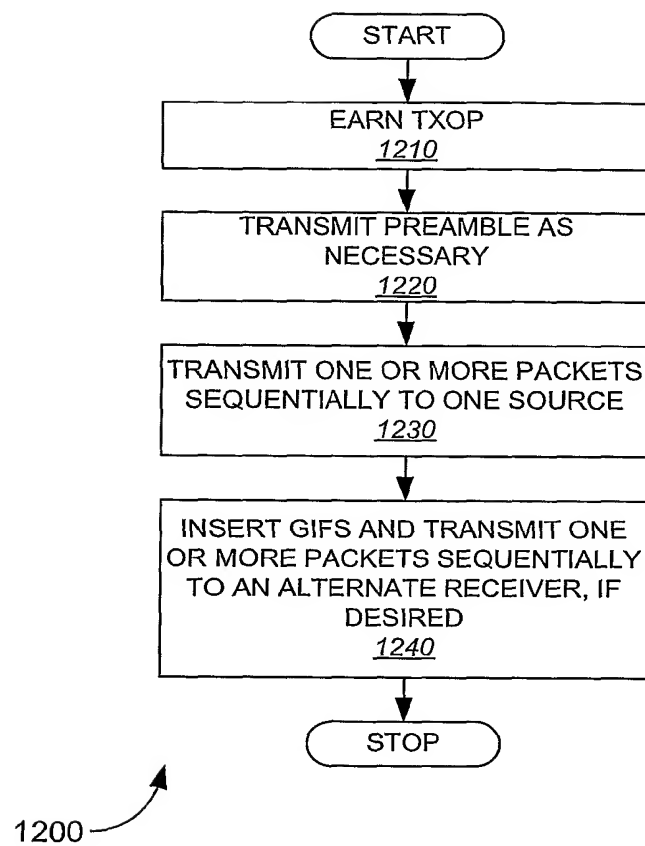


FIG. 12

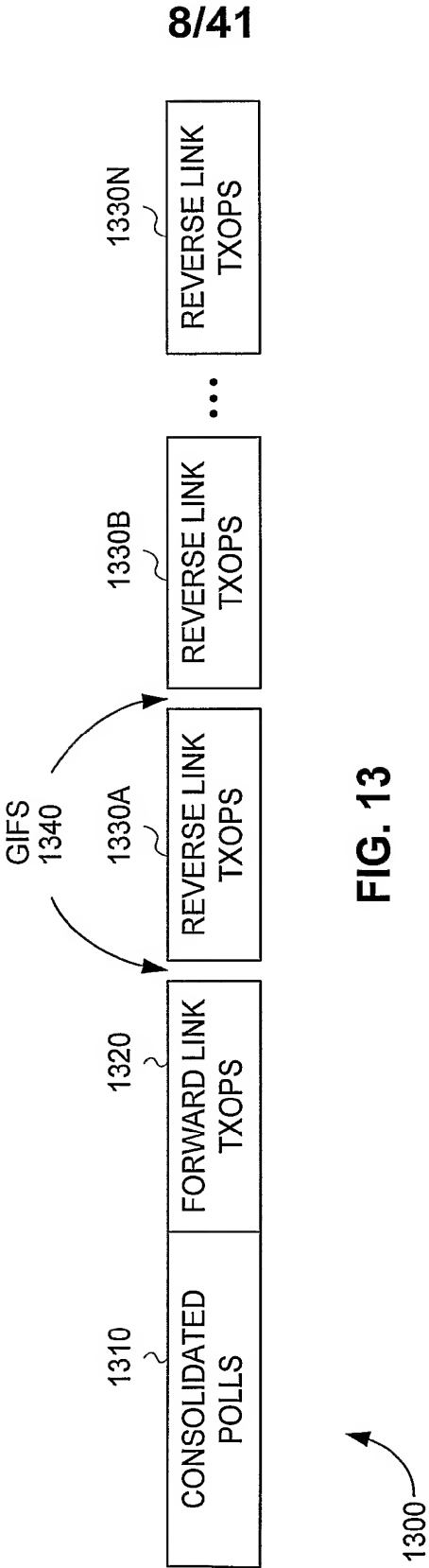


FIG. 13

9/41

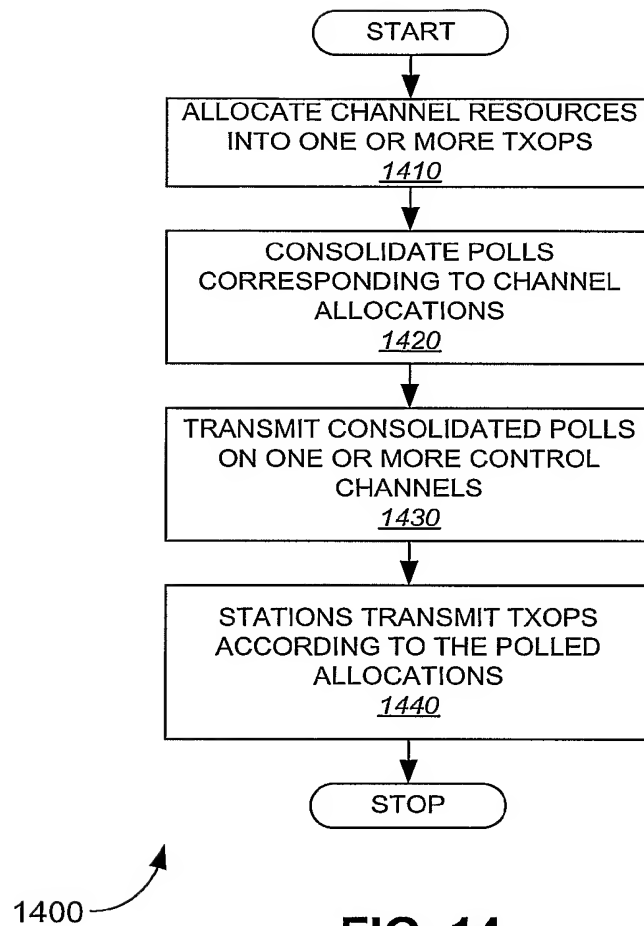


FIG. 14

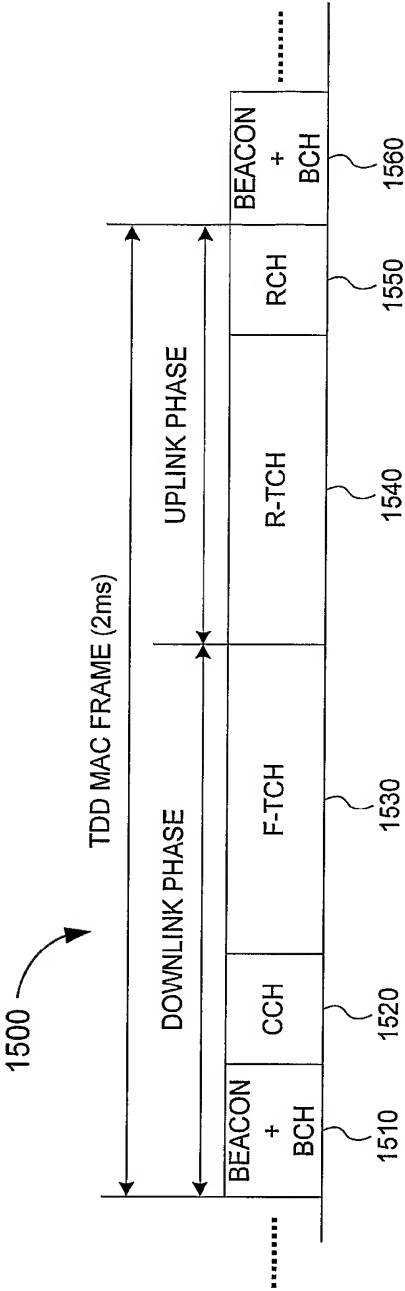


FIG. 15

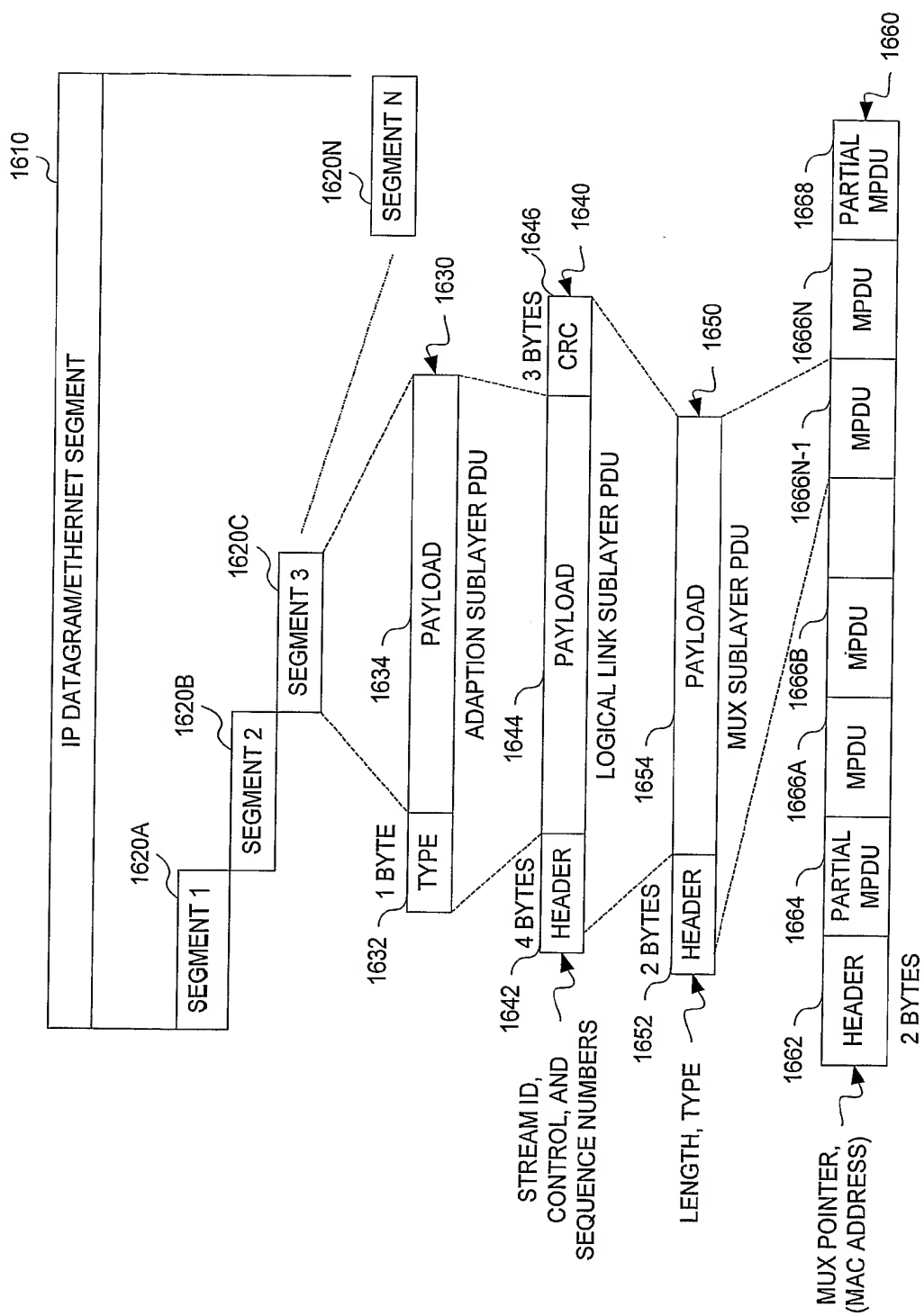


FIG. 16

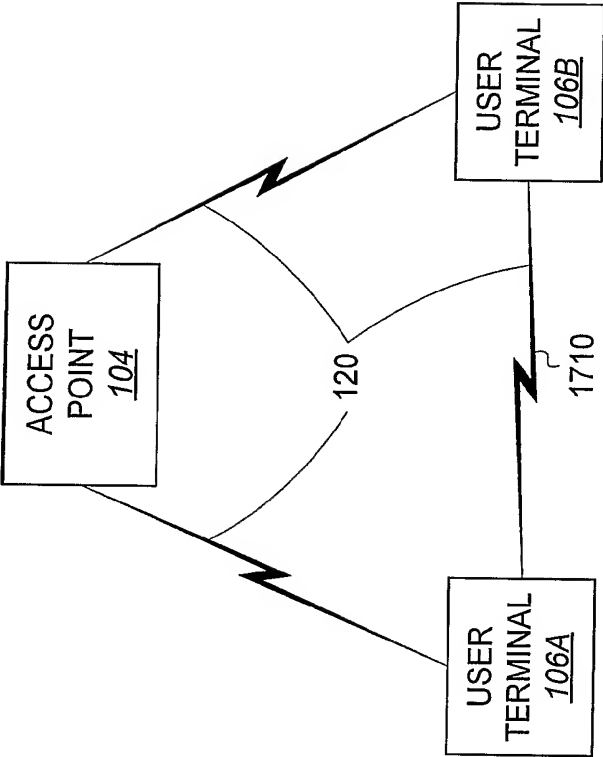
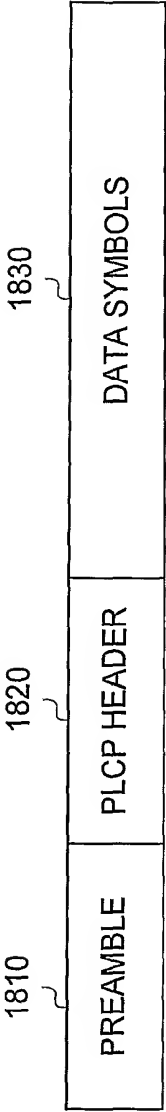


FIG. 17

100



PRIOR ART
FIG. 18

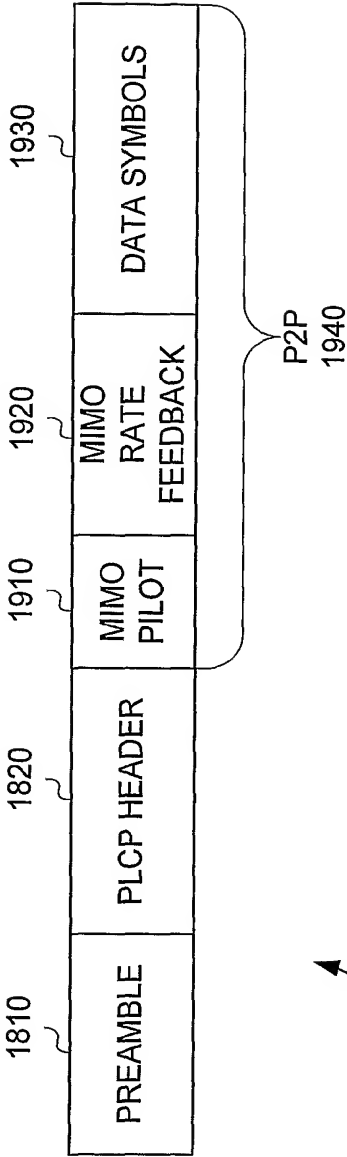
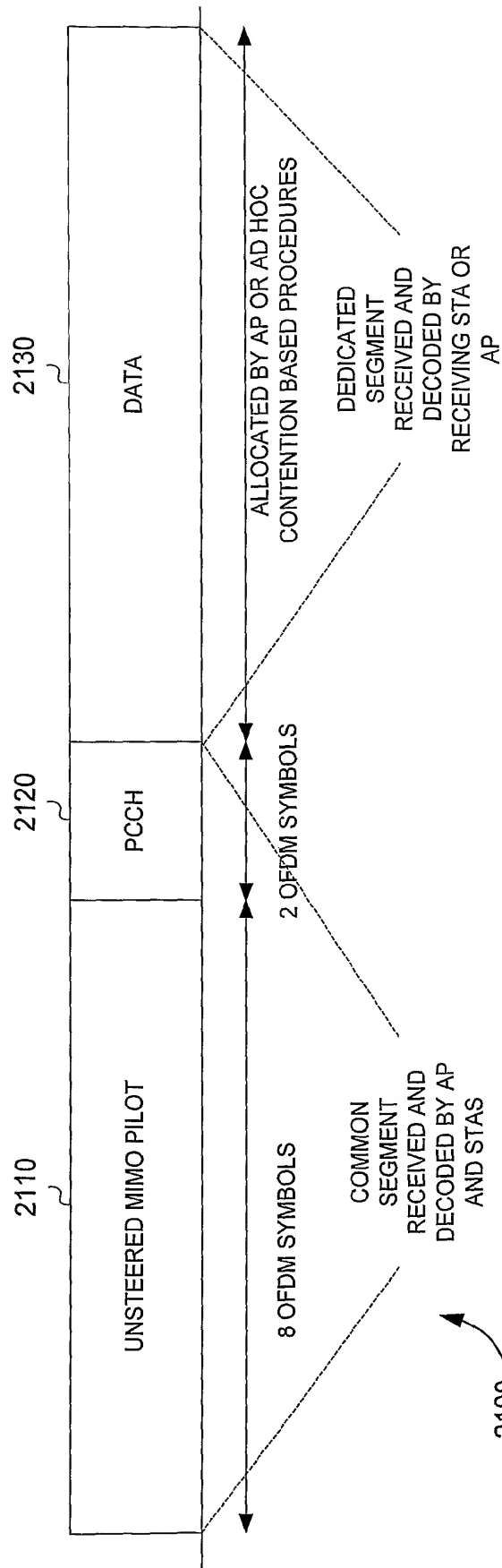
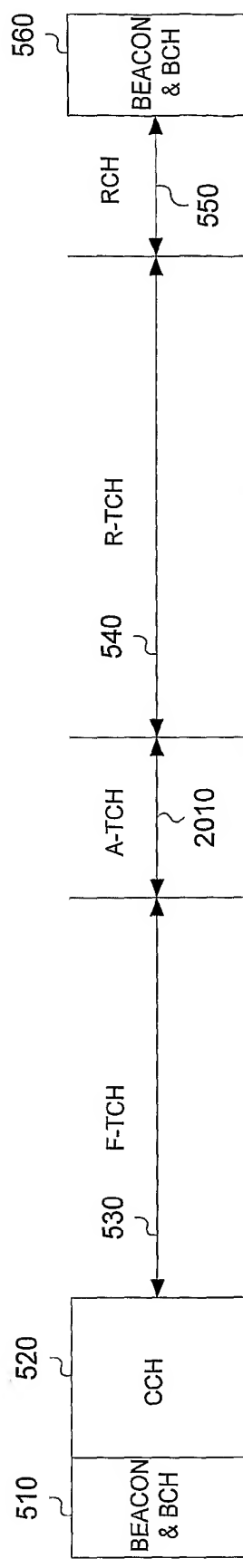


FIG. 19



15/41

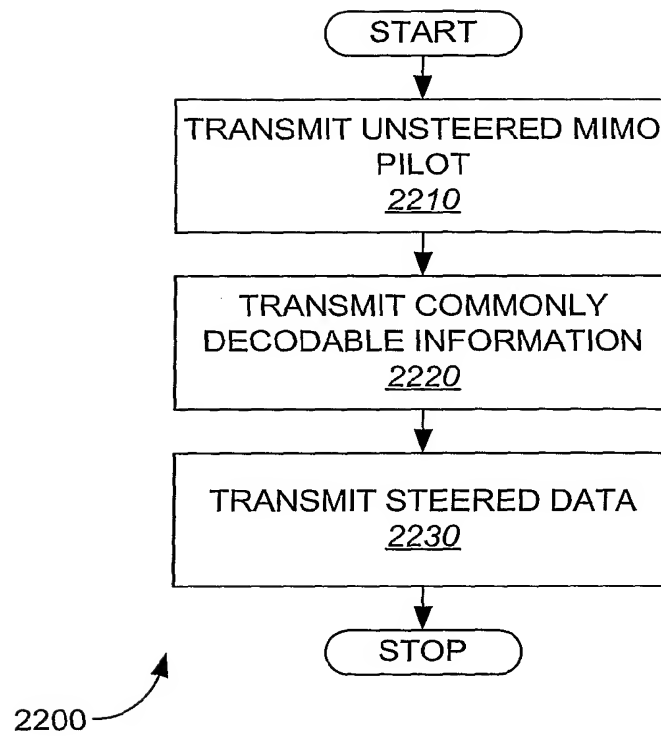


FIG. 22

16/41

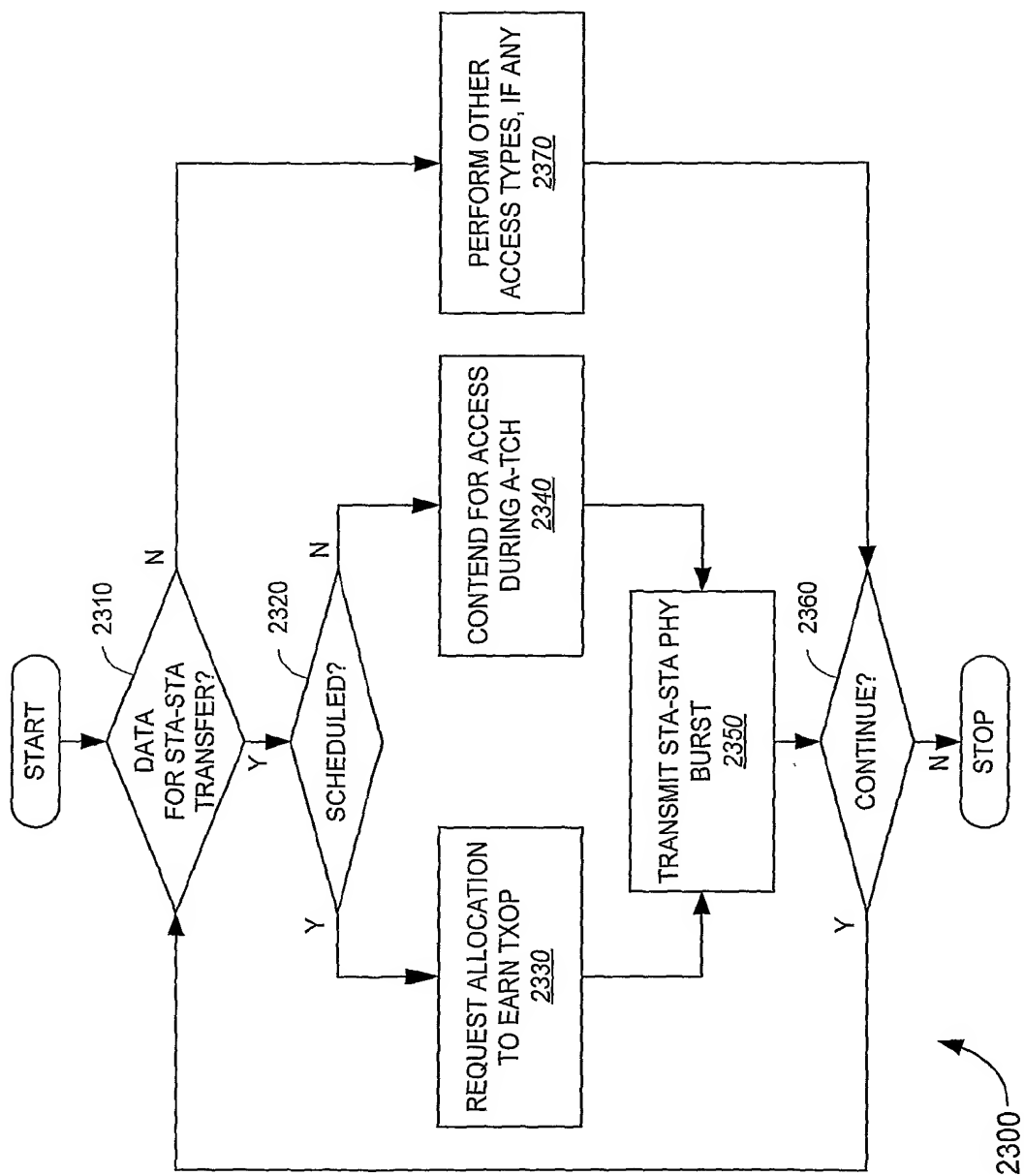
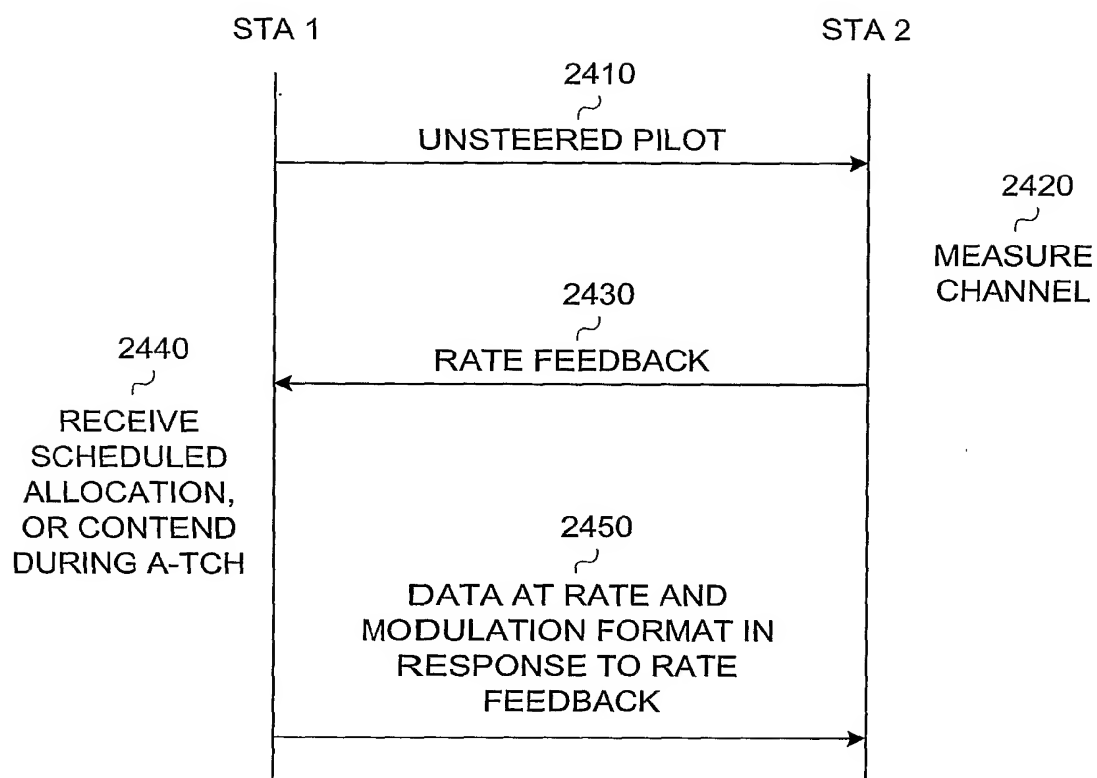


FIG. 23

17/41



2400

FIG. 24

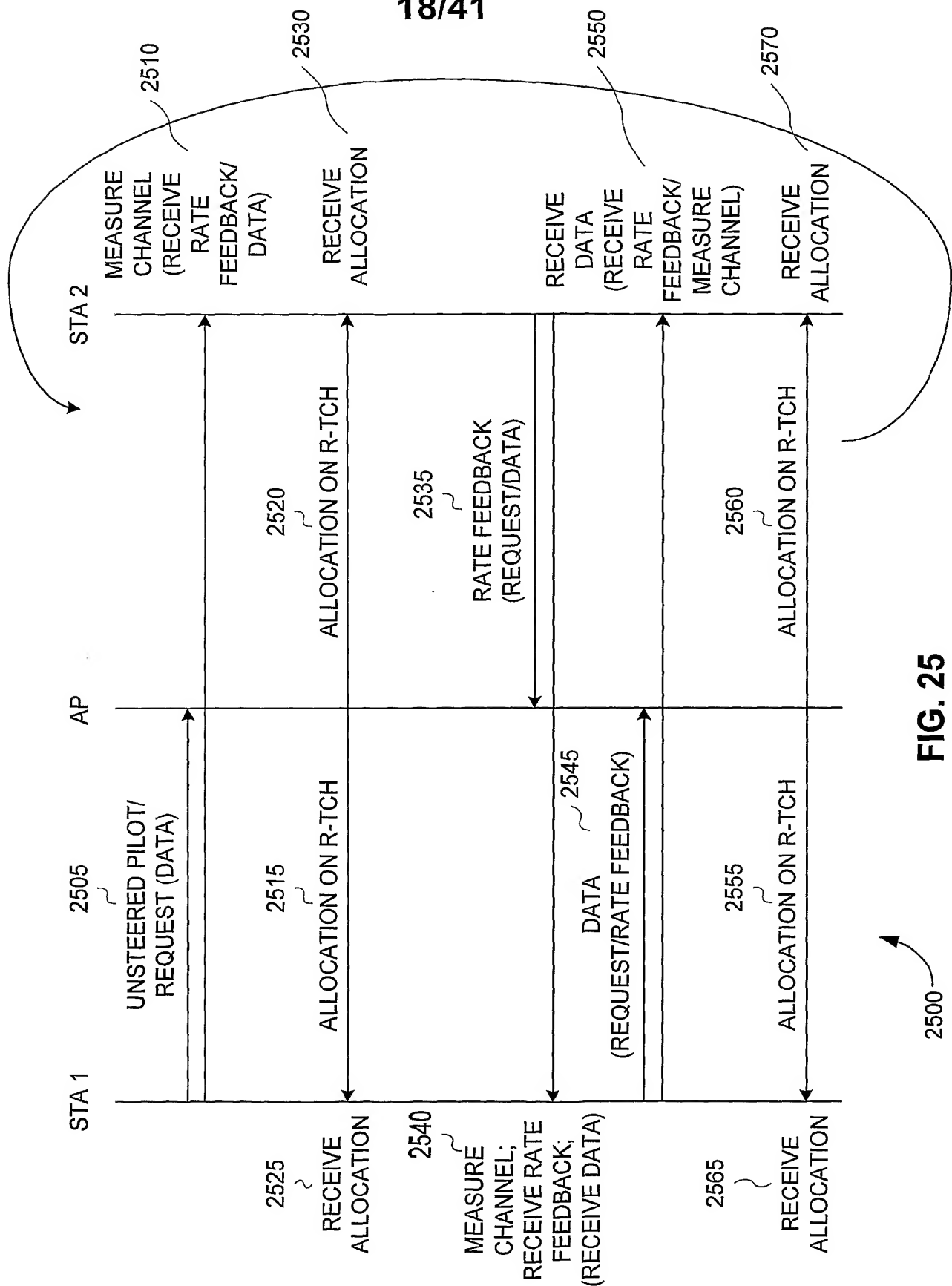


FIG. 25

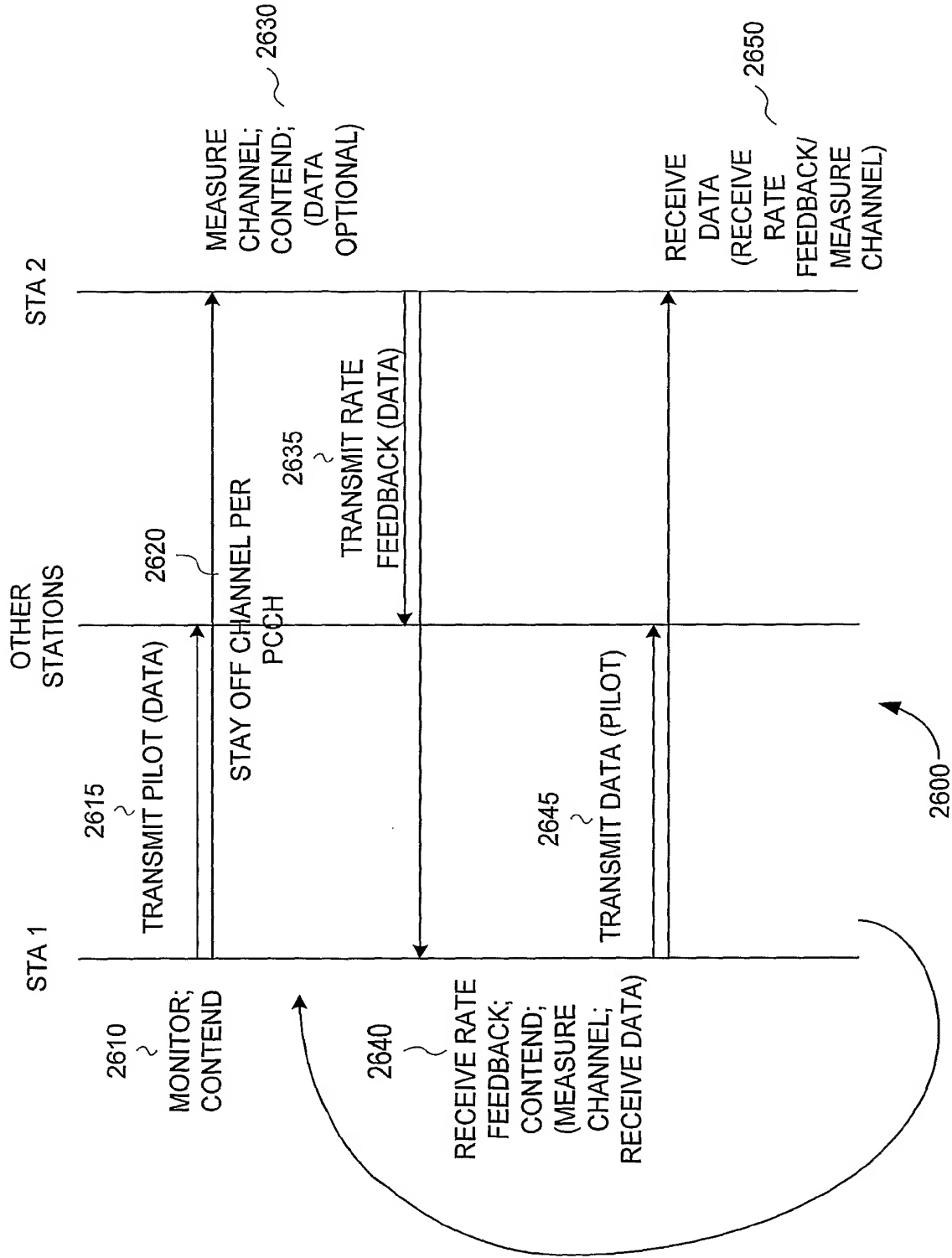


FIG. 26

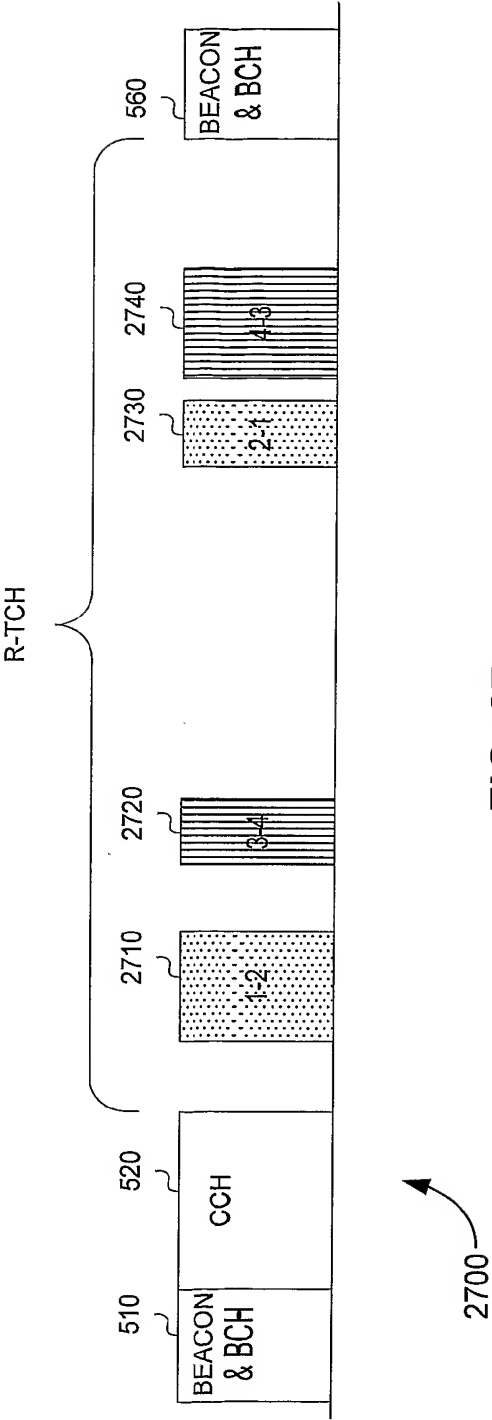
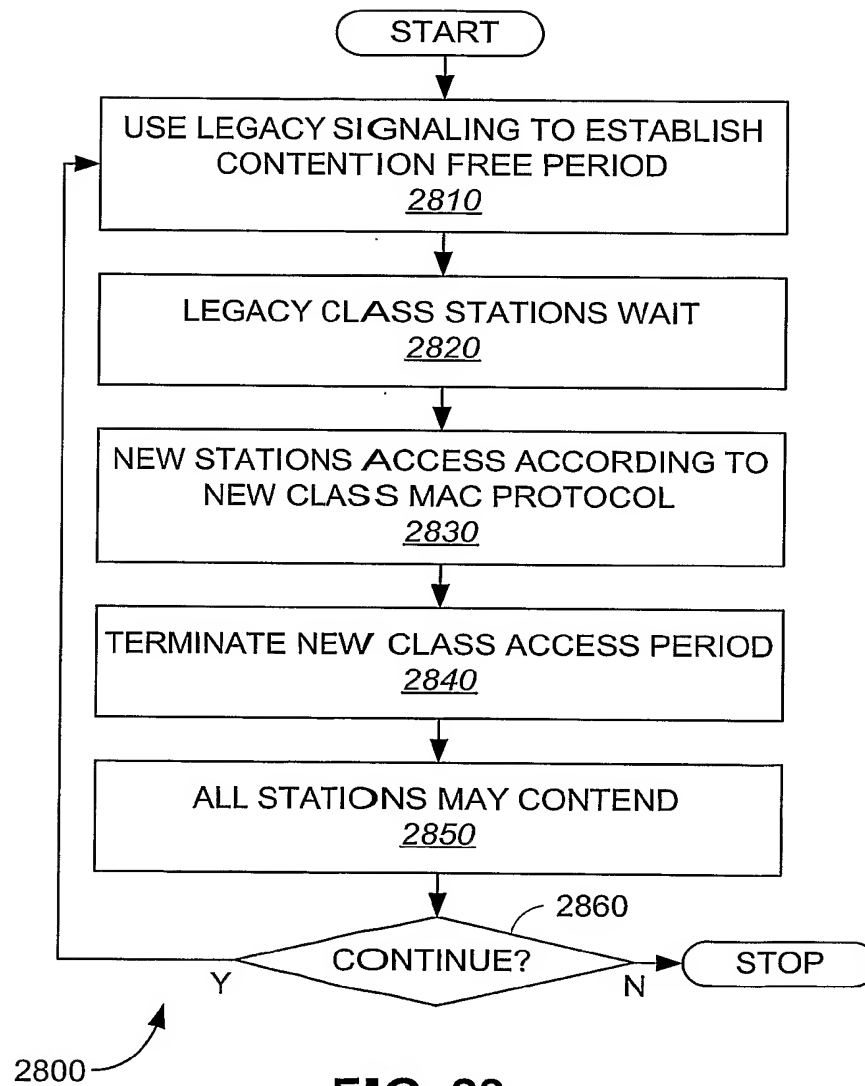


FIG. 27

21/41**FIG. 28**

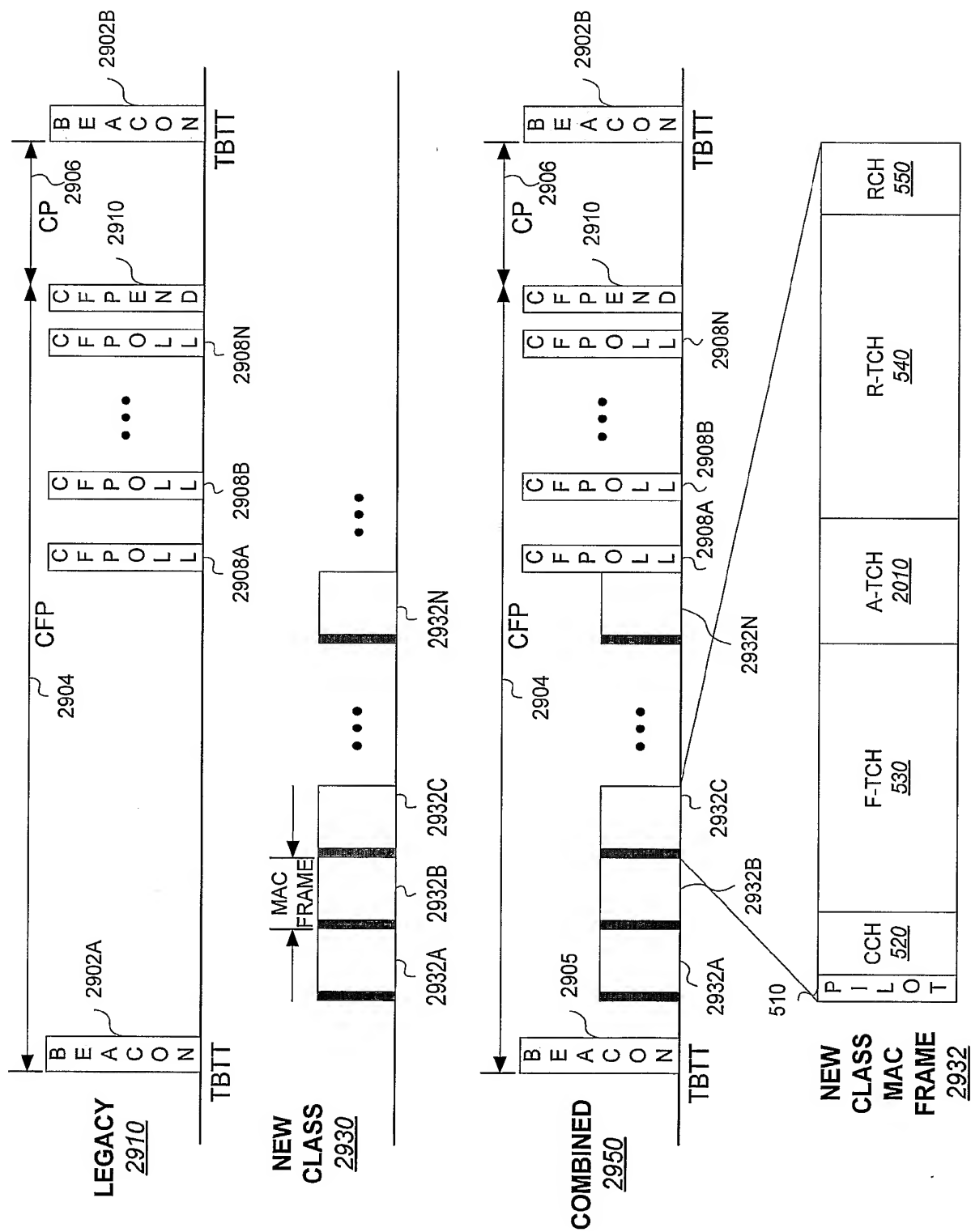


FIG. 29

23/41

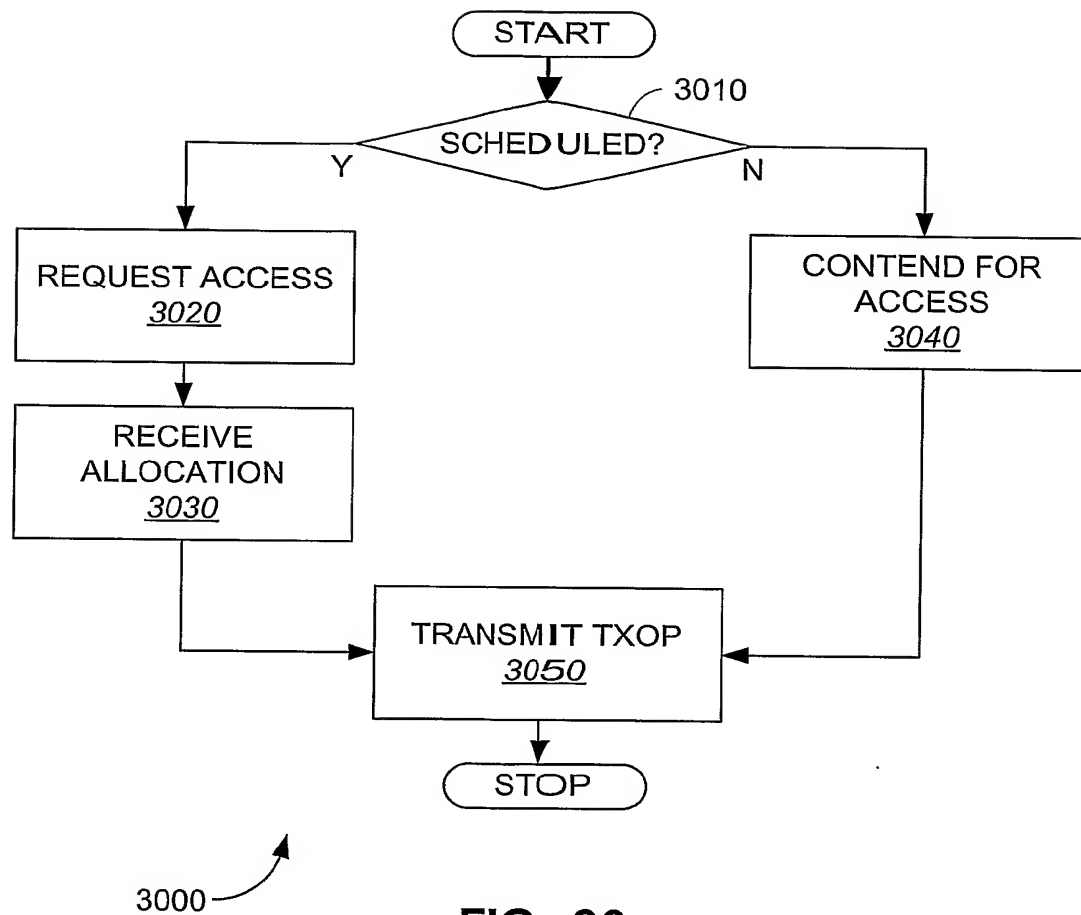
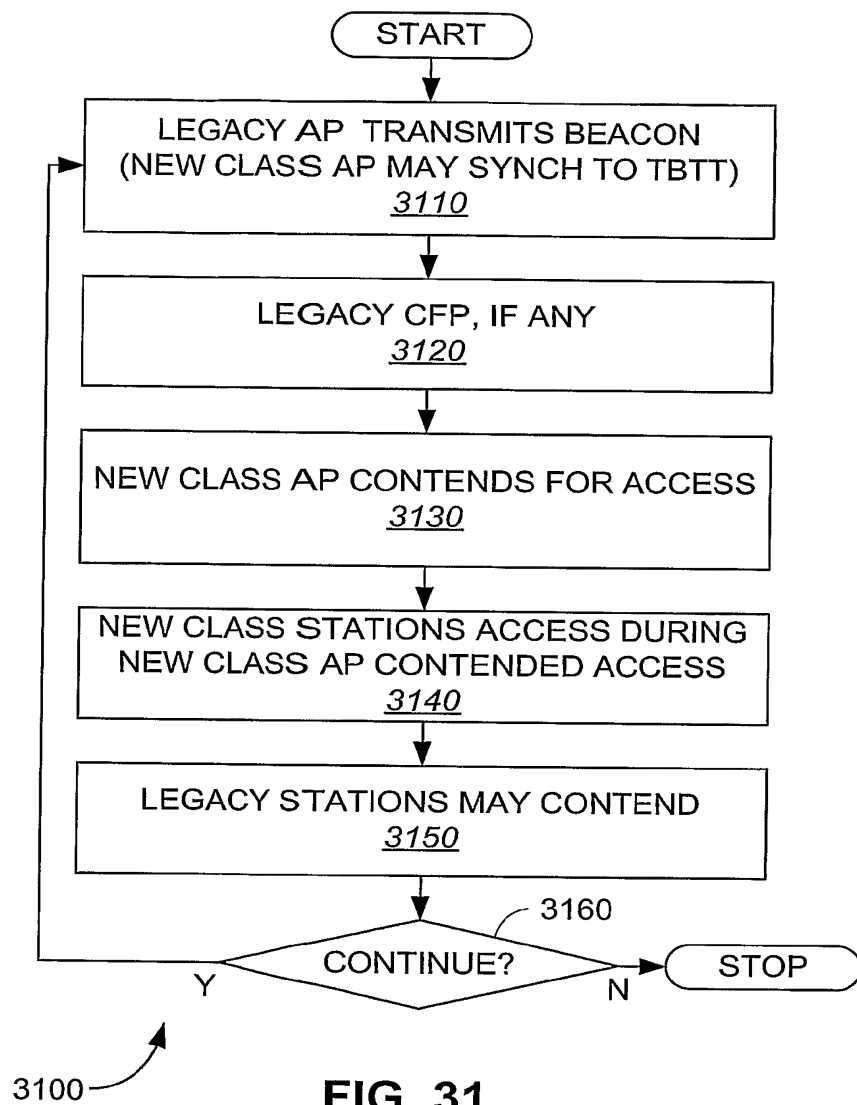


FIG. 30

24/41**FIG. 31**

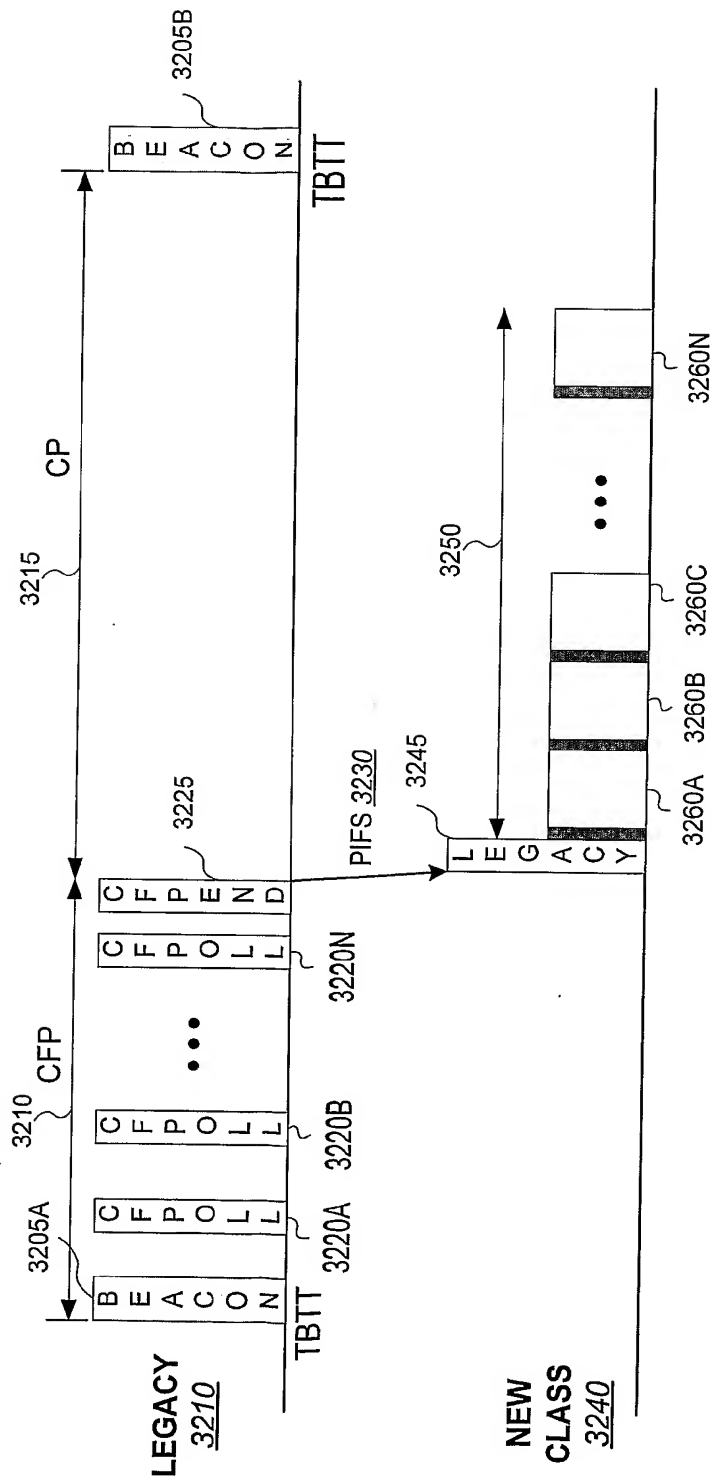


FIG. 32

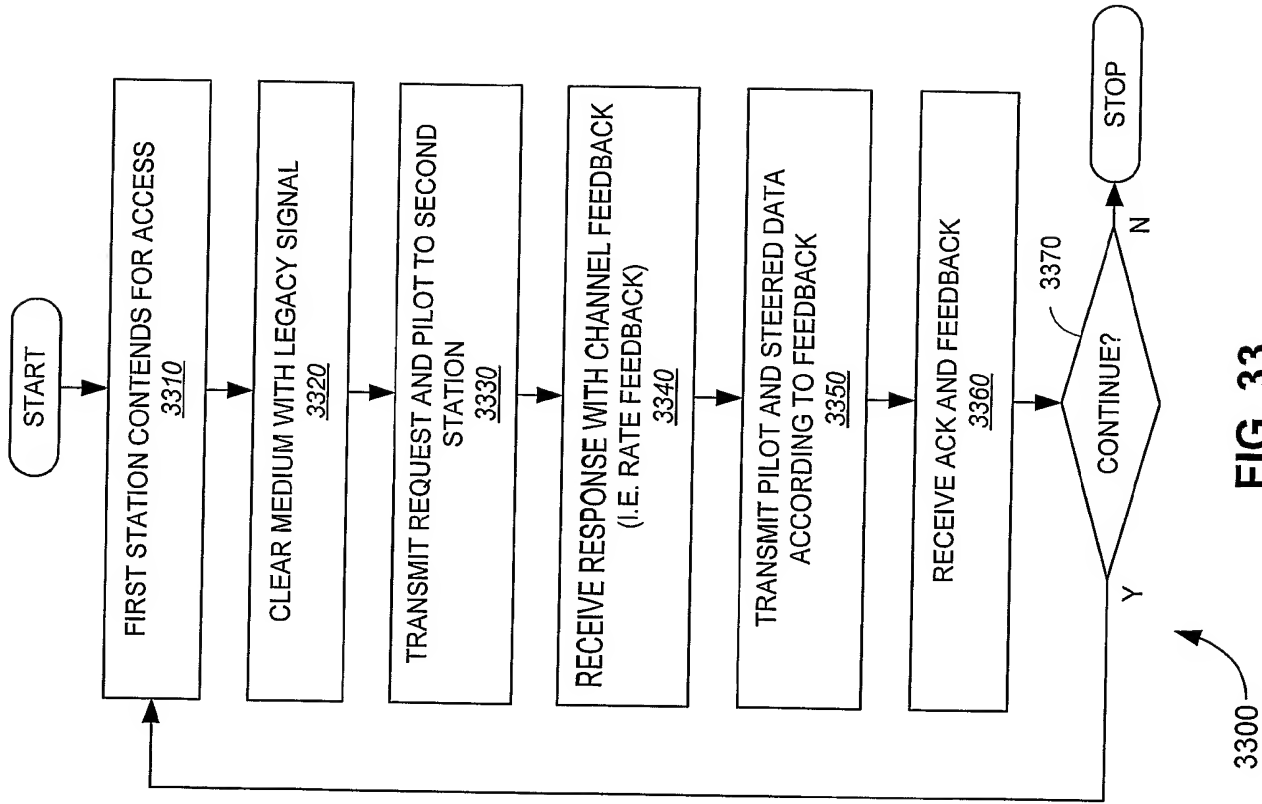


FIG. 33

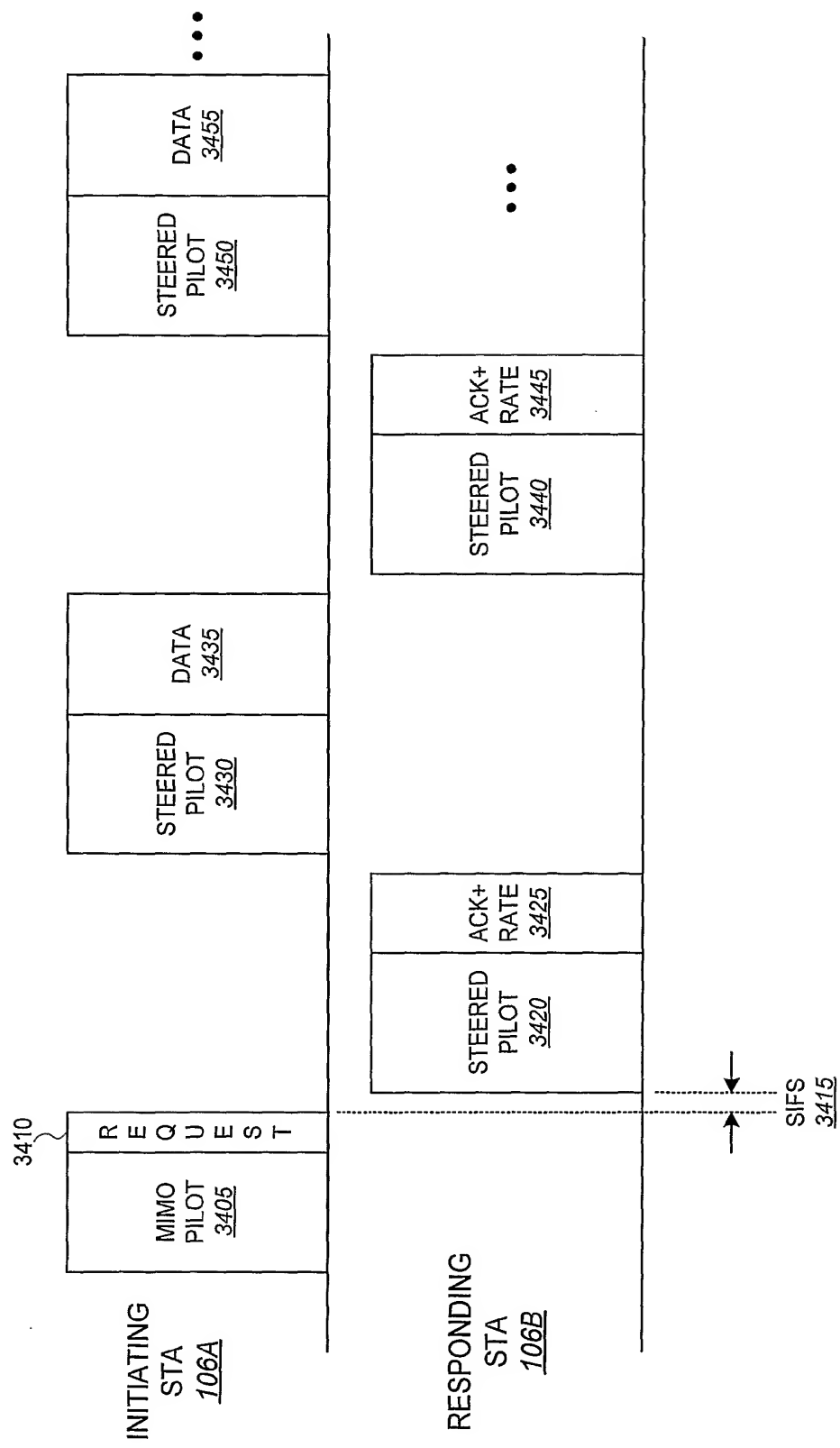


FIG. 34

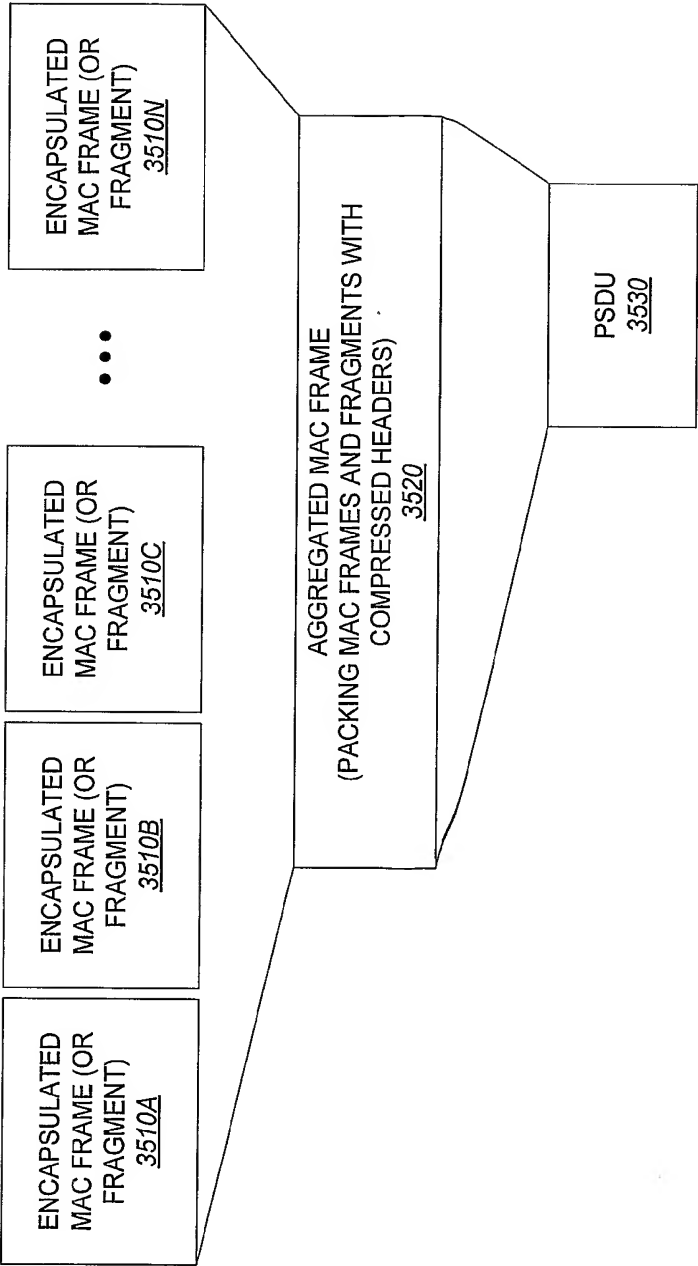
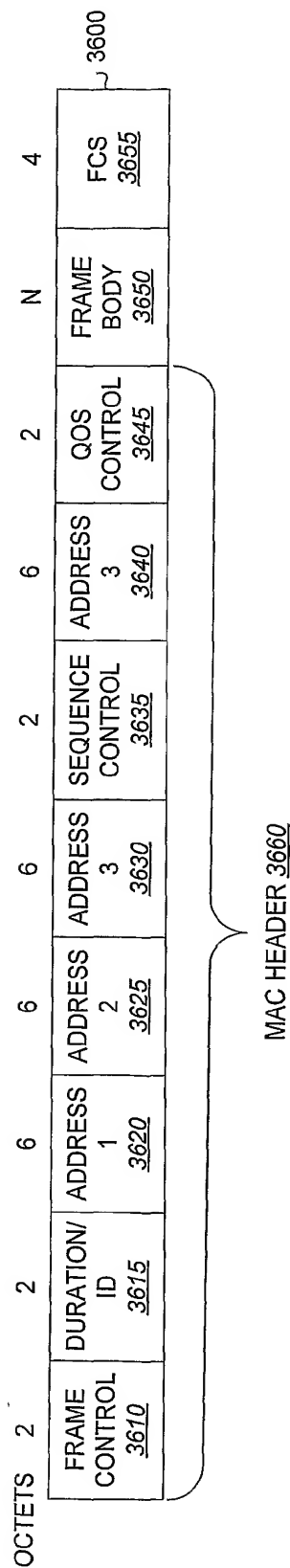


FIG. 35



PRIOR ART
FIG. 36

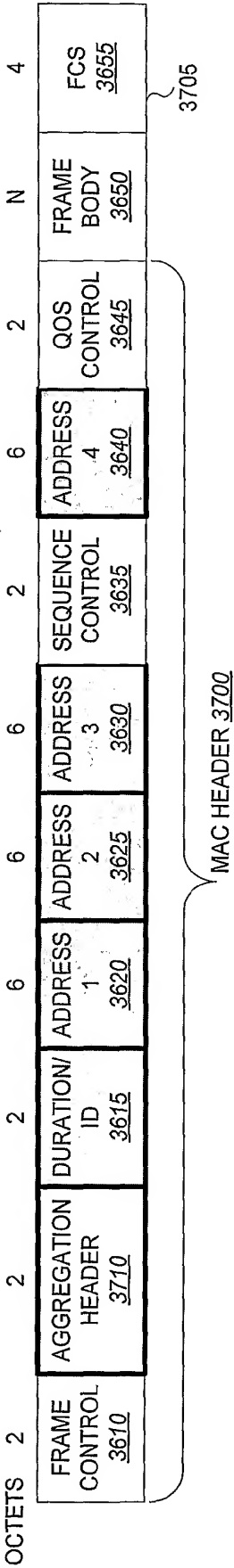


FIG. 37

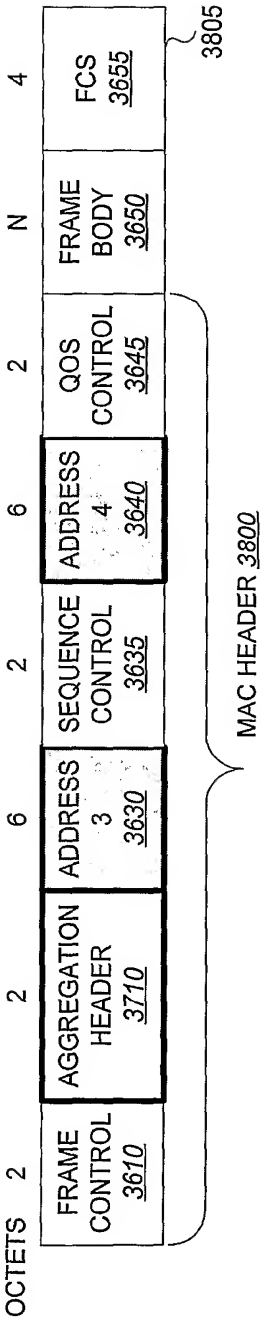


FIG. 38

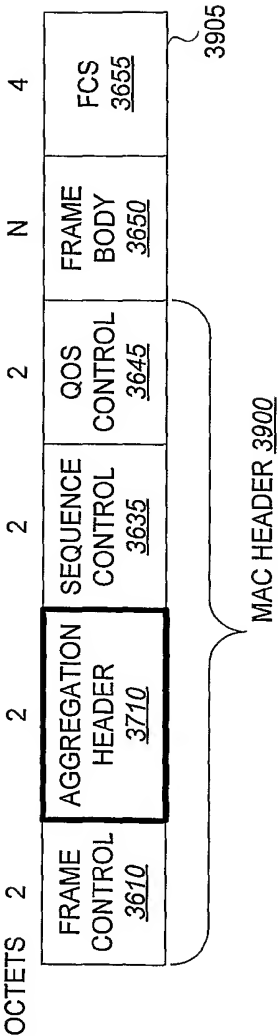


FIG. 39

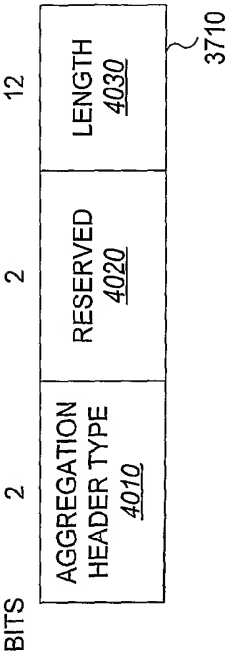


FIG. 40

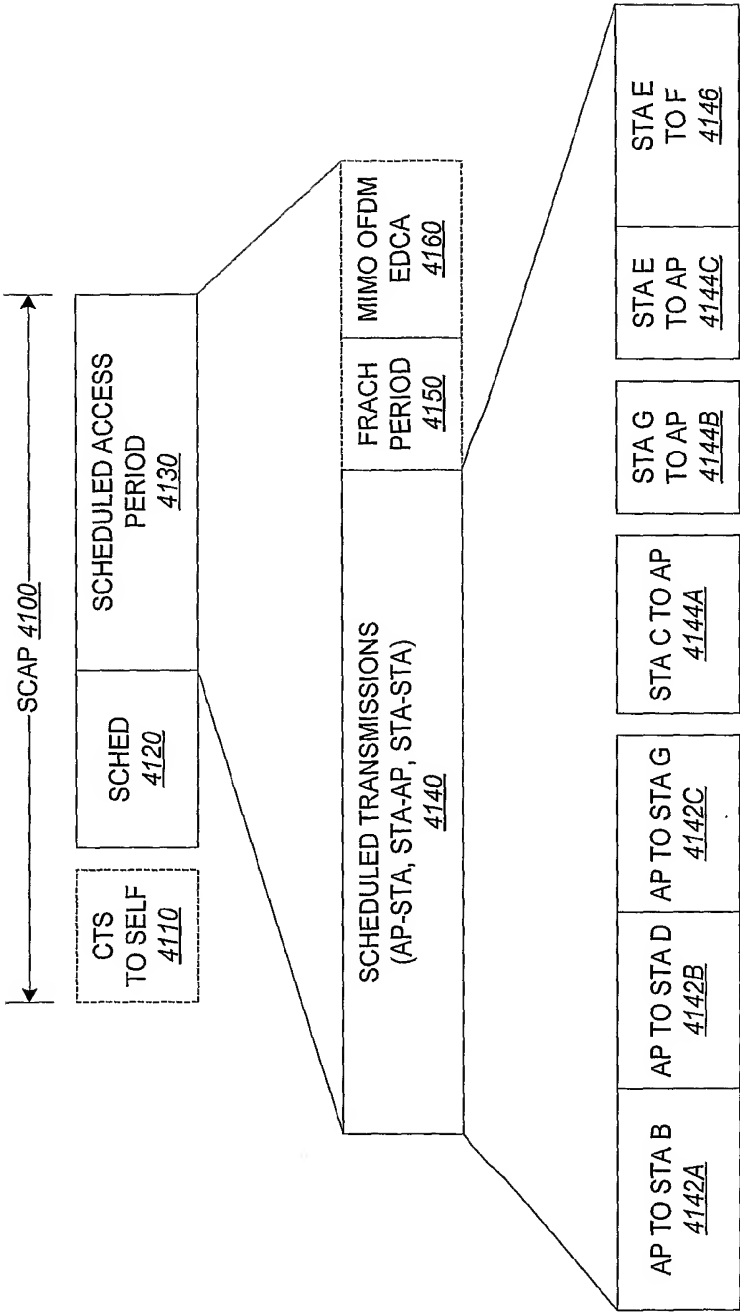


FIG. 41

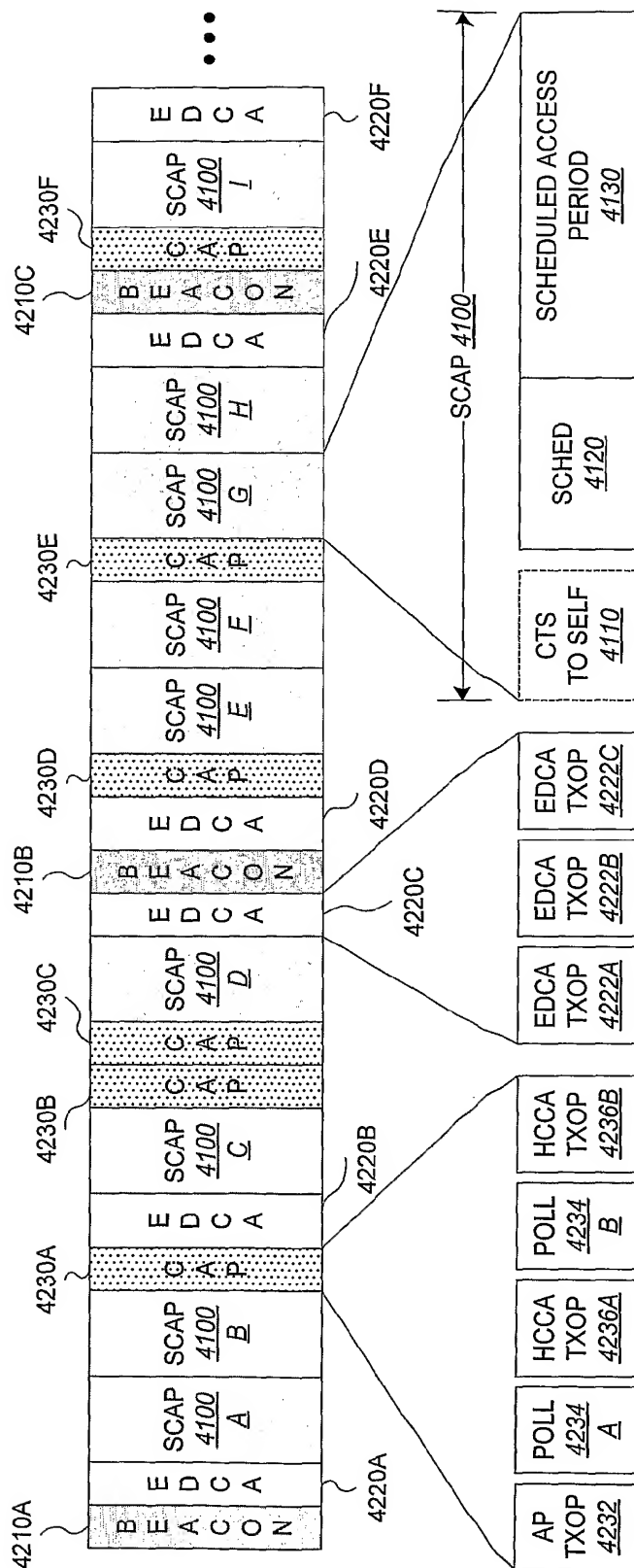


FIG. 42

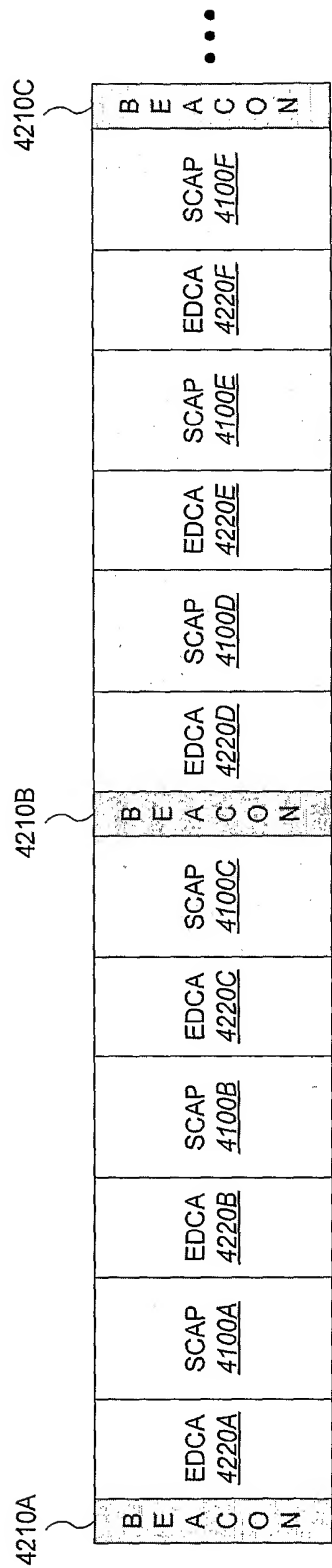


FIG. 43

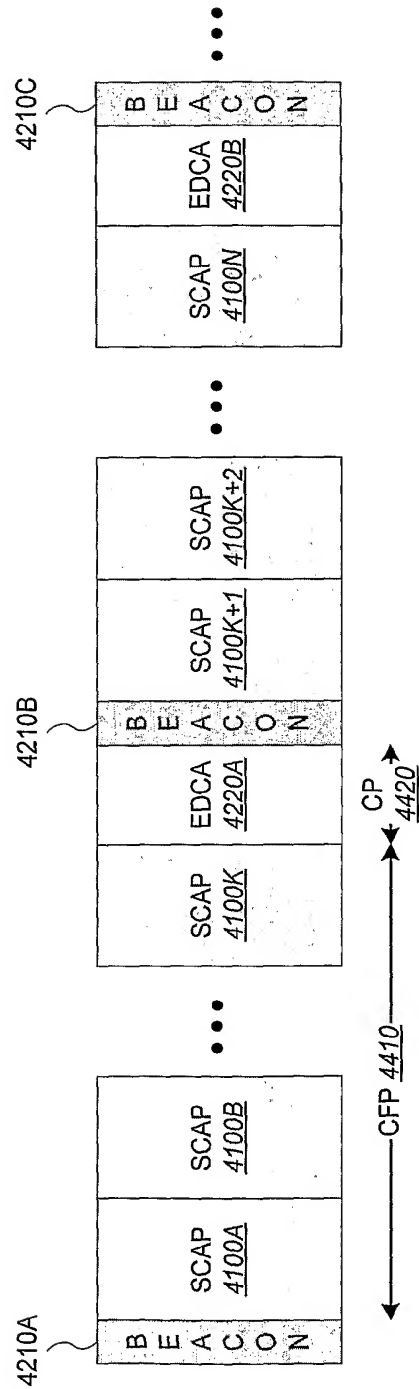


FIG. 44

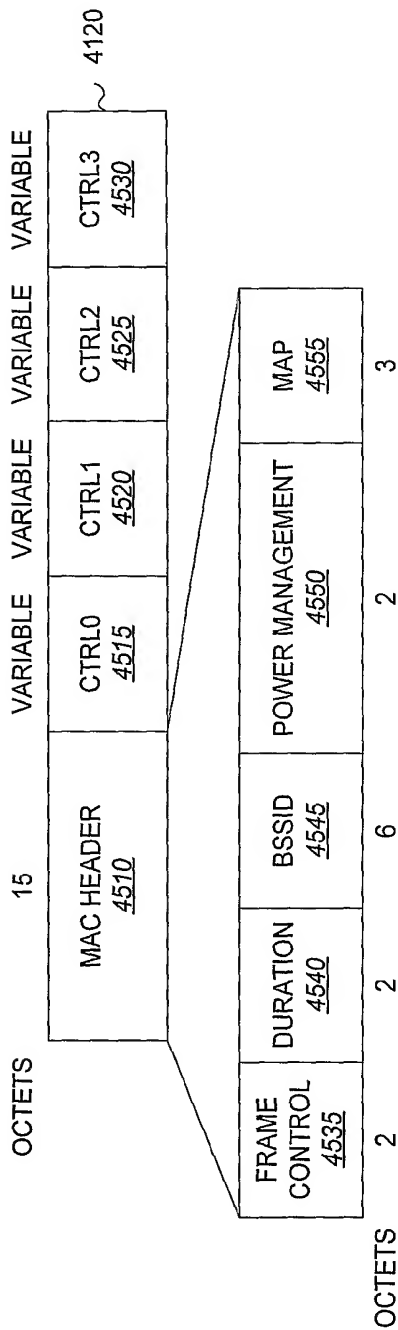


FIG. 45

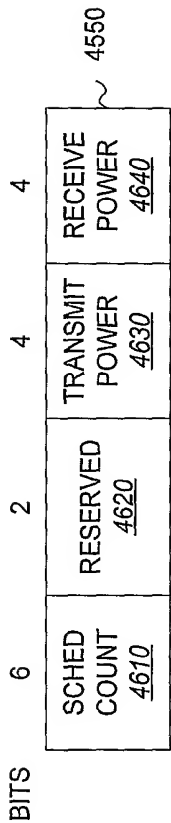


FIG. 46

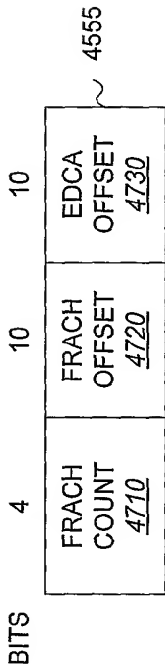


FIG. 47

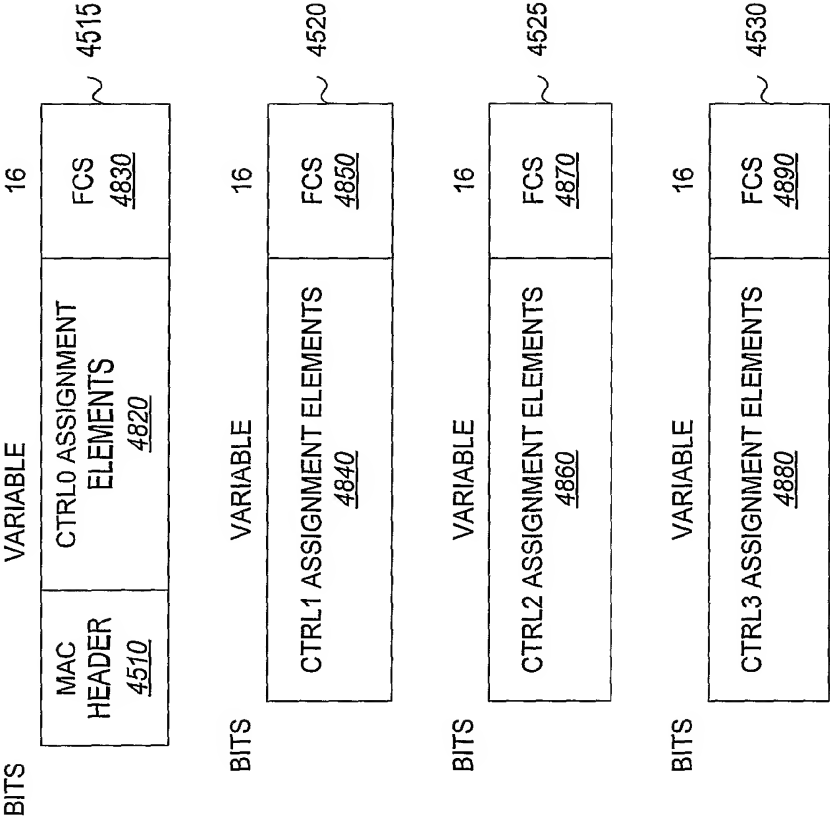
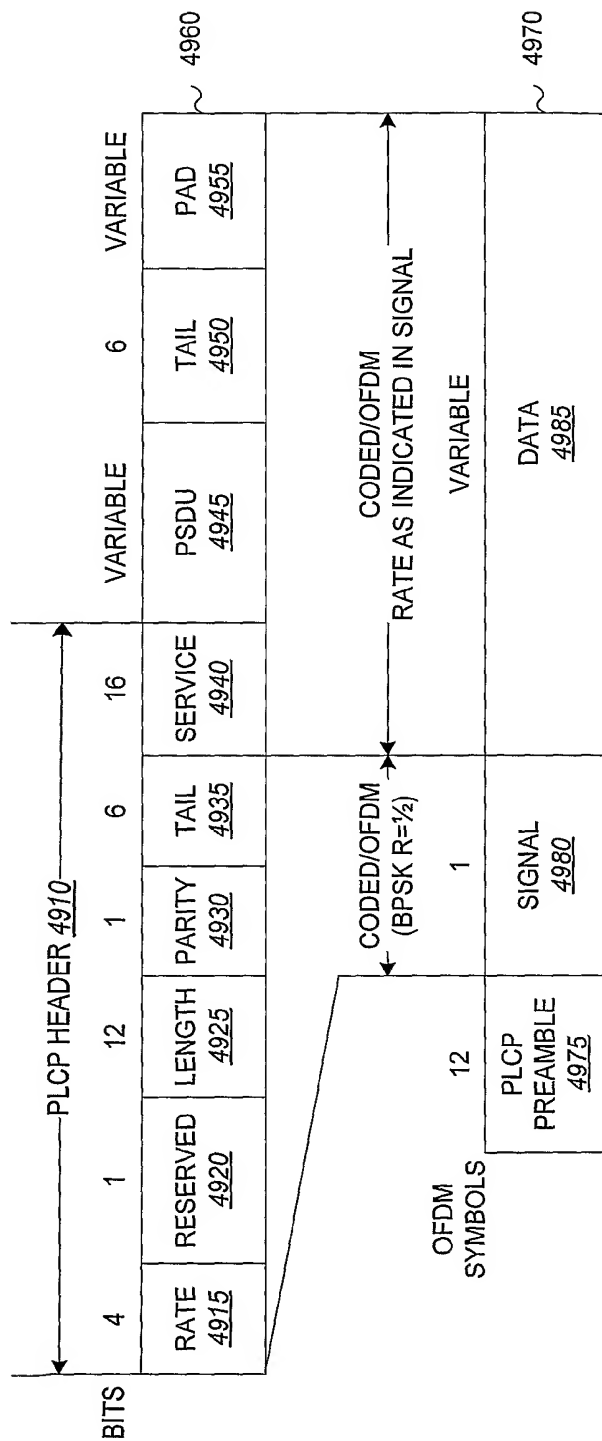


FIG. 48



PRIOR ART

FIG. 49

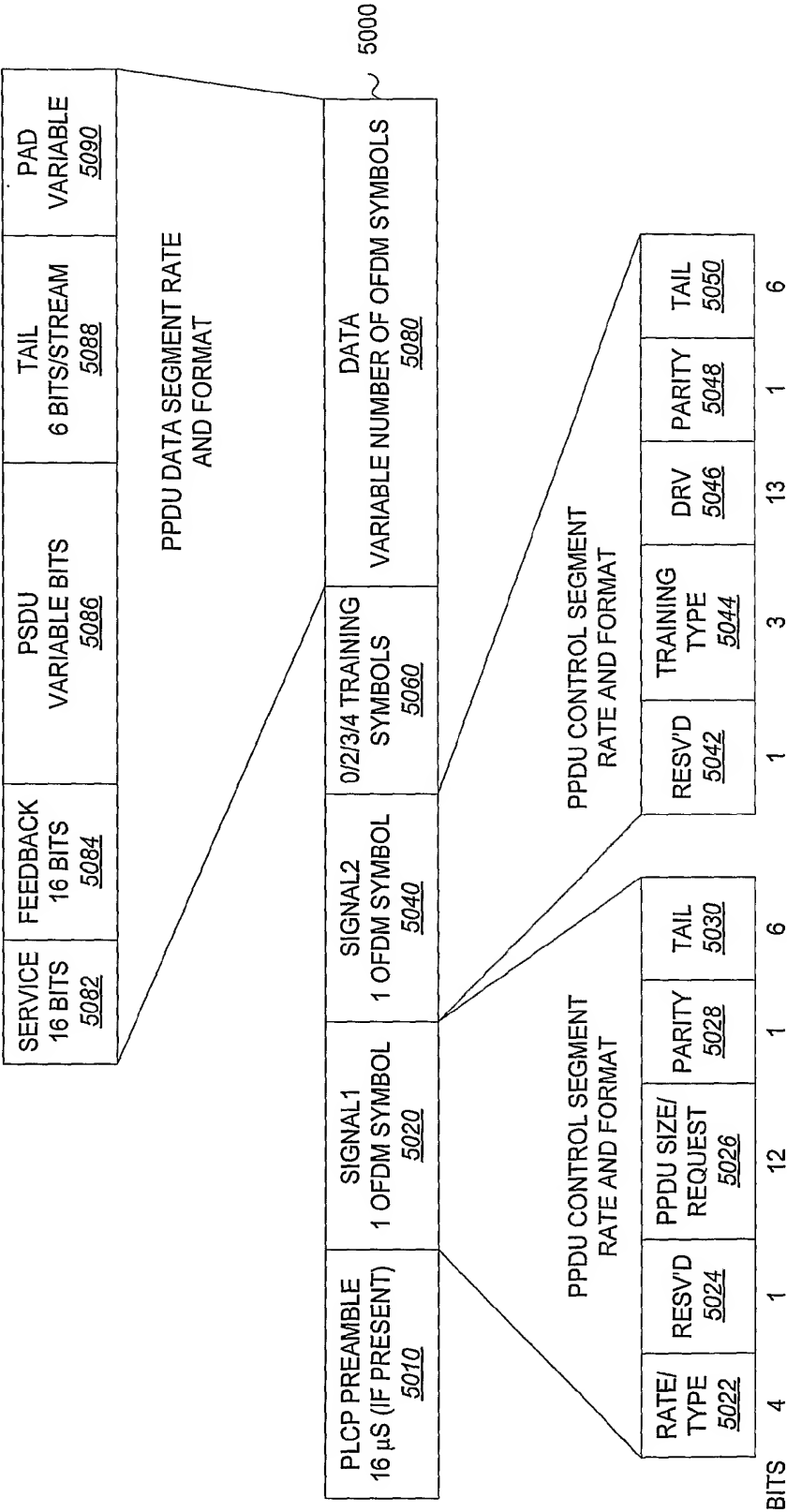


FIG. 50

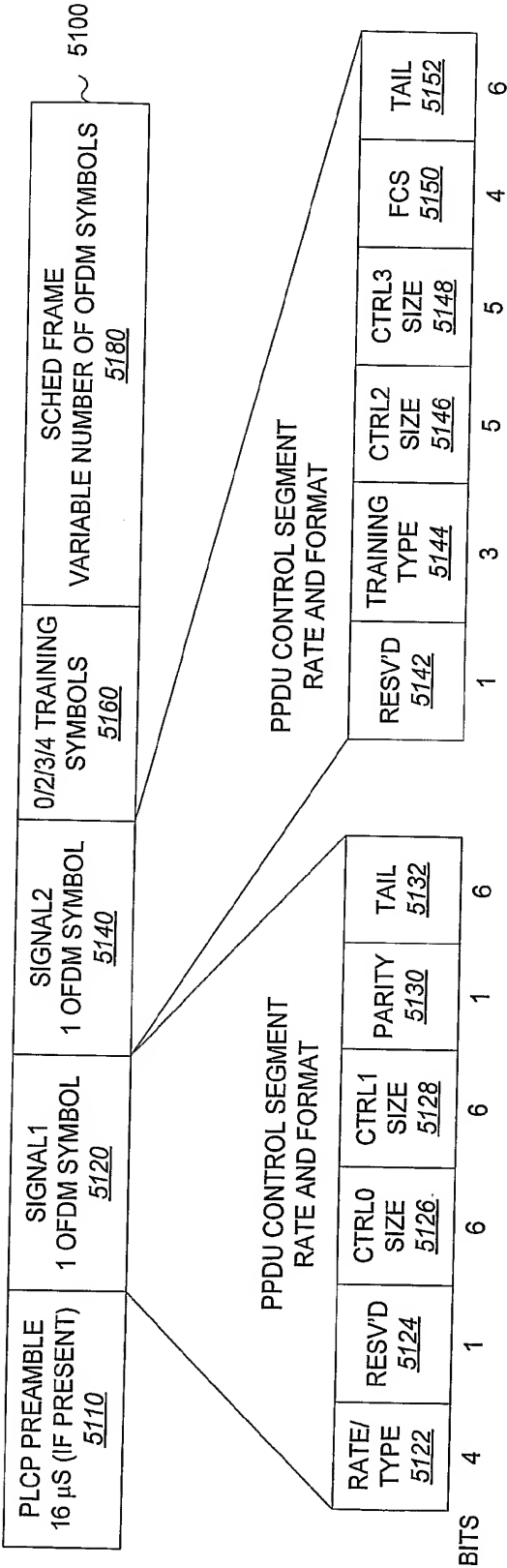


FIG. 51

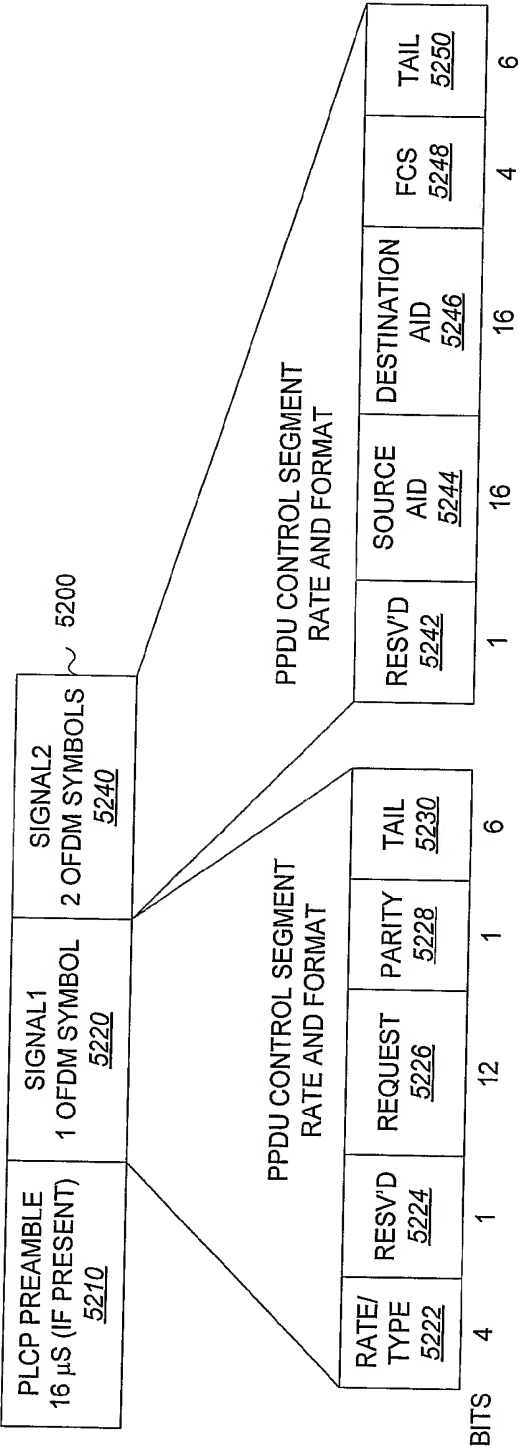


FIG. 52

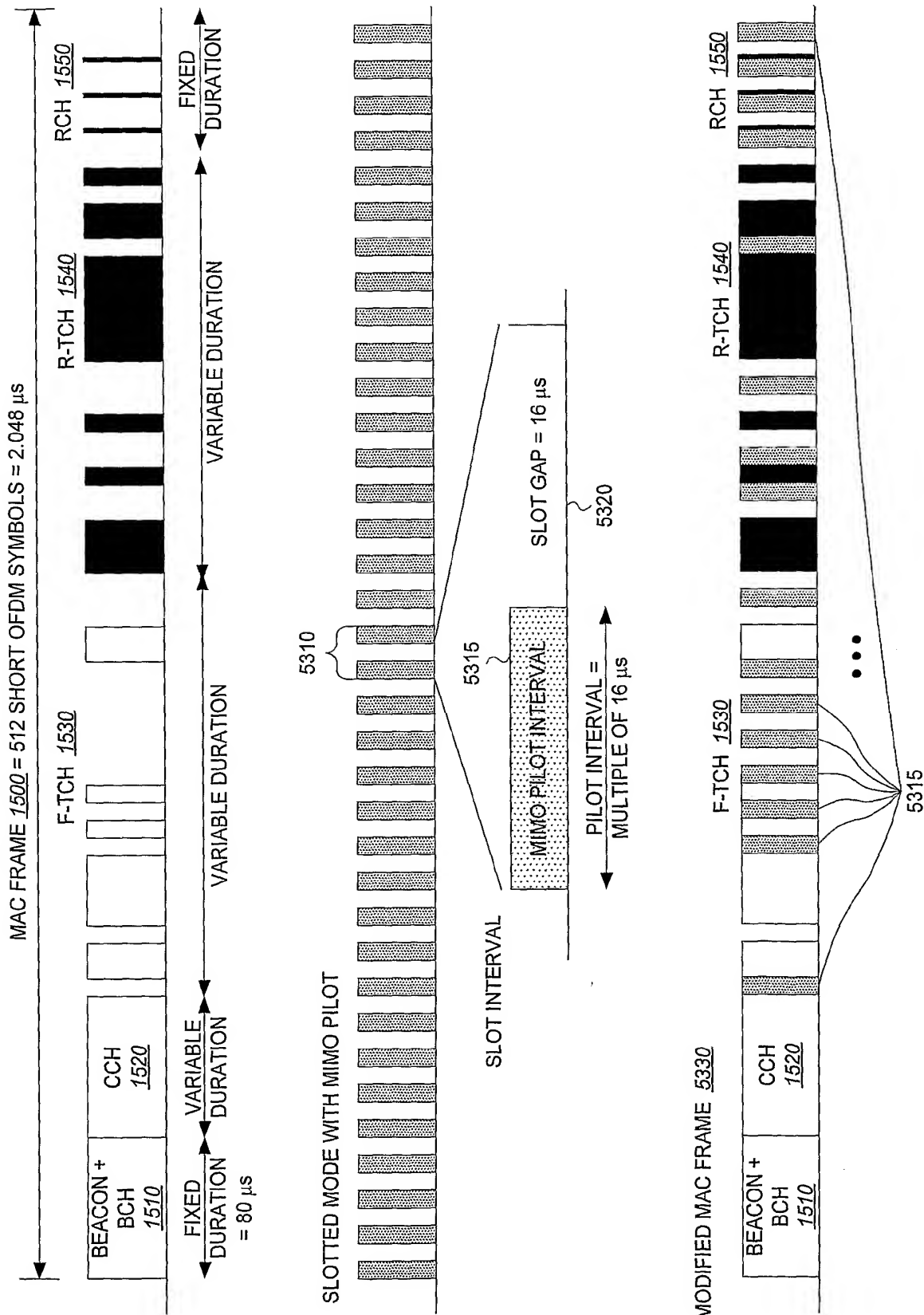


FIG. 53

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/US2004/034259

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H04L12/66 H04L29/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 563 816 B1 (NODOUSHANI PAIMAN ET AL) 13 May 2003 (2003-05-13) figures 17-19, 32 column 2, lines 11-45 column 4, lines 26-30 column 5, lines 13-15, 37-39, 49-65 column 10, lines 25-38 column 18, lines 62-68 column 28, lines 46-58 column 30, lines 25-41	1-14, 21-34
X	US 2003/115611 A1 (HILTS PAUL JOHN ET AL) 19 June 2003 (2003-06-19) figures 4, 5 page 3, paragraph 35 page 4, paragraphs 41, 45 page 5, paragraph 51 page 6, paragraphs 64, 69	15-20
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 February 2005

Date of mailing of the international search report

07/03/2005

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mircescu, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter nal Application No
PCT/US2004/034259

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>US 5 276 703 A (BUDIN ET AL) 4 January 1994 (1994-01-04) figures 1,4 column 5, lines 59-69 column 6, lines 1-15,45-69 column 8, lines 21-60 column 10, lines 30-69 column 11, lines 1-27 column 12, lines 41-69 -----</p>	1-34

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/US2004/034259

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6563816	B1	13-05-2003	US 6731627 B1 04-05-2004
US 2003115611	A1	19-06-2003	US 6681315 B1 20-01-2004
US 5276703	A	04-01-1994	AU 3441493 A 03-08-1993 WO 9314580 A1 22-07-1993